



منشورات جامعة دمشق
كلية الهندسة الزراعية

أنظمة الري والتسميد

الدكتور

رياض عبد القادر بلدية

أستاذ مساعد في قسم الهندسة الريفية

الدكتور

محمد سعيد الشاطر

أستاذ في قسم علوم التربة واستصلاح
الأراضي

1434 - 1435 هـ

2013 - 2014 م

جامعة دمشق

الفهرس

25.....	الفصل الأول: ماء التربة
26.....	1-1- تقسيم ماء التربة
26.....	1-1-1- التقسيم الفيزيائي
26.....	1-1-1-1- ماء الجاذبية الأرضية
26.....	1-1-1-2- الماء الشعري
27.....	1-1-1-3- الماء الهيجروسكوبي
28.....	1-1-1-4- بخار الماء
29.....	1-2- التقسيم البيولوجي
29.....	1-2-1- الماء الفائض
29.....	1-2-2- الماء الميسر
30.....	1-2-3- الماء غير الميسر
30.....	العوامل المؤثرة على كمية الماء الميسر في التربة
33.....	1-2- المصطلحات المعبرة عن رطوبة التربة
33.....	1-2-1- درجة التشبع
34.....	1-2-2- السعة الحقلية
35.....	1-2-3- نقطة الذبول
35.....	1-3-2-1- الذبول المؤقت
35.....	1-3-2-2- الذبول الدائم
36.....	1-4-2-1- النقطة الهيجروسكوبية
36.....	1-5-2-1- المكافئ الرطوبي
39.....	الفصل الثاني: علاقة الماء بالتربة
39.....	1-2- تعريف التربة
40.....	2-2- الخواص الطبيعية للأراضي المرتبطة بالرّي
40.....	1-2-2- قوام التربة

- 41..... 2-2-1-1- أنواع الترب حسب قوامها
- 44..... 2-2-2- بناء التربة
- 45..... 2-2-3- كثافة التربة
- 45..... 2-2-3-1- الكثافة النسبية الحقيقية
- 46..... 2-2-3-2- الكثافة النسبية الظاهرية
- 46..... 2-2-3-3- الكثافة الظاهرية
- 47..... 2-2-4- المسامية
- 48..... 2-2-5- السطح النوعي الداخلي للتربة
- 50..... 2-2-6- عمق قطاع التربة ومدى تجانسه
- 50..... 2-2-7- معدل التسرب
- 51..... 2-3- التربة الزراعية المنتجة
- 51..... 2-3-1- صفات التربة الزراعية المنتجة
- 51..... 2-3-2- مميزات التربة الزراعية المنتجة

53..... الفصل الثالث: نوعية مياه الري

- 54..... 3-1- الخواص المحددة لنوعية مياه الري
- 54..... 3-1-1- الصفات الفيزيائية
- 54..... 3-1-1-1- حرارة المياه
- 54..... 3-1-1-2- اللون
- 55..... 3-1-1-3- العكارة
- 55..... 3-1-2- الصفات الكيميائية
- 56..... 3-1-2-1- حموضة المياه PH
- 56..... 3-1-2-1-1- طرائق حساب PH مياه الري
- 56..... 3-1-2-2- التركيز الكلي للأملاح الذائبة
- 57..... 3-1-2-3- النسبة المئوية للصوديوم (SP)
- 60..... 3-1-2-4- نسبة ادمصاص الصوديوم (SAR) ونسبة ادمصاص الصوديوم المعدلة (SAR_{adj})
- 62..... 3-1-2-5- النسبة المئوية للصوديوم القابل للتبادل (ESP)
- 65.....

- 66..... 3-1-2-6- تركيز الكربونات والبيكربونات
- 68..... 3-1-2-7- تركيز الكلور والكبريتات
- 68..... 3-1-2-8- المغنسيوم
- 69..... 3-1-2-9- الكالسيوم
- 69..... 3-1-2-10- البوتاسيوم والنترات
- 70..... 3-1-2-11- البورون
- 70..... 3-1-2-12- العناصر الصغرى والثقيلة
- 71..... 3-1-2-13- المواد الصلبة العالقة
- 72..... 3-2-2- تقسيم مياه الري تبعاً لنوعيتها
- 72..... 3-2-1- تقسيم كلي
- 72..... 3-2-2- تقسيم شابمان
- 73..... 3-2-3- تقسيم درجنى
- 73..... 3-2-4- تقسيم ديوراند
- 74..... 3-2-5- التقسيم الروسي
- 75..... 3-2-6- الخريطة النوعية لصلاحية مياه الري (معمل الملوحة الأمريكي)
- 78..... 3-2-7- تقسيم فان هورن
- 80..... 3-3- التأثيرات المختلفة لنوعية مياه الري
- 80..... 3-3-1- على التربة
- 80..... 3-3-2- على النبات
- 80..... 3-3-3- تأثيرات أخرى
- 80..... 3-4- تأثير خواص التربة في صلاحية المياه
- 80..... 3-4-1- تأثير الخصائص الفيزيائية
- 81..... 3-4-2- تأثير الخصائص الكيميائية
- 81..... 3-5- العلاقة بين نوع النبات المزروع وصلاحية مياه الري
- 82..... 3-6- تأثير المناخ في صلاحية مياه الري
- 82..... 3-7- تأثير نظام الري والصرف في صلاحية ماء الري

83.....	الفصل الرابع: الاحتياجات المائية
83.....	4-1- الاحتياجات المائية
83.....	4-2- الاستهلاك المائي
83.....	4-1-2- النتج تبخر الأساسي أو المرجعي (ET0)
84.....	4-2-2- النتج تبخر من النبات (Etc)
84.....	4-3-2- معامل المحصول Kc
85.....	4-3- العوامل المؤثرة على الاستهلاك المائي
85.....	4-1-3- العوامل المناخية
86.....	4-2-3- العوامل النباتية
87.....	4-3-3- العوامل الأرضية
88.....	4-4- طرائق تقدير الاستهلاك المائي
88.....	4-1-4- الطرائق العملية
88.....	4-1-1-4- طريقة اللسيمترات
92.....	4-2-1-4- طريقة الأحواض الحقلية
92.....	4-3-1-4- طريقة التدفق إلى والتدفق من المساحات الواسعة
92.....	4-2-4- الطرائق الحسابية بمعادلات علمية لحساب ET0
93.....	4-1-2-4- علاقة بنمان
93.....	4-2-2-4- علاقة بلاني - كرايدل
94.....	4-3-2-4- علاقة إيفانوف
95.....	4-4-2-4- معادلة جينسن - هيس
95.....	4-5-2-4- معادلة لوري - جونسون
95.....	4-3-4- التبخر نتج باستخدام مقياس البخار جهاز حوض التبخر A

99.....	الفصل الخامس- الري وسبل رفع كفاءته
100.....	5-1- تعريف الري وأهدافه
100.....	5-2- المعايير الأساسية التي يجب مراعاتها في أي نظام ري وبكفاءة عالية
101.....	5-3- العوامل المحددة لاختيار نظام الري المناسب
101.....	5-1-3- الموارد المائية بالمزرعة

- 101..... 5-3-1-1- مصدر المياه
- 102..... 5-3-1-2- كمية المياه
- 102..... 5-3-1-3- نوعية المياه
- 102..... 5-3-2- التربة
- 104..... 5-3-3- نوع المحصول
- 104..... 5-3-4- رأس المال والعمالة المتوافرة
- 104..... 5-3-5- الطاقة
- 105..... 5-3-6- نوع المكننة المستعمل
- 105..... 5-3-7- نظام الصرف القائم
- 105..... 5-4- كفاءة الري
- 105..... 5-4-1- تعريف الكفاءة أو الفعالية
- 106..... 5-4-2- مؤشرات كفاءة أي نظام ري أو فعاليته
- 106..... 5-4-2-1- انتظام توزيع المياه
- 107..... 5-4-2-2- كفاءة استعمال المياه (Ea)
- 107..... 5-4-2-3- كفاءة التخزين أو كفاءة الطلب (Er)
- 108..... 5-4-2-4- كفاءة النقل (Ec)
- 108..... 5-4-2-5- نسبة الضياع بالتسرب العميق (DPR)
- 108..... 5-4-2-6- نسبة المياه الضائعة (TWR)
- 108..... 5-4-3- المعوقات والأسباب التي تواجه رفع كفاءة الري السطحي
- 109..... 5-4-3-1- أسباب فنية
- 109..... 5-4-3-2- أسباب تتعلق بإدارة مياه الري
- 109..... 5-4-3-3- أسباب صناعية
- 109..... 5-4-3-4- أسباب هيدروليكية
- 110..... 5-4-3-5- أسباب اقتصادية

111.....	الفصل السادس - الري السطحي Surface Irrigation
111.....	6-1- تعريف الري السطحي Surface Irrigation
111.....	6-2- معايير استخدام الري السطحي
112.....	6-3- مكونات نظام الري السطحي
113.....	6-4- أطوار الري السطحي
115.....	6-5- مميزات الري السطحي
115.....	6-6- سلبيات الري السطحي
115.....	6-7- طرائق الري السطحي
116.....	6-7-1- الري بالغمر
117.....	6-7-2- الري بالأحواض
118.....	6-7-2-1- شكل الحوض ومساحته
121.....	6-7-2-2- الأكتاف الترابية للحوض
122.....	6-7-2-3- إمداد الأحواض بالماء
124.....	6-7-2-4- ميزات الري بالأحواض
124.....	6-7-2-5- مساوئ الري بالأحواض
125.....	6-7-3- الري بالشرائح
125.....	6-7-3-1- العوامل التي يجب مراعاتها عند استخدام نظام الري بالشرائح
126.....	6-7-3-2- تصنيف أنظمة الري بالشرائح بحسب انحدارها
128.....	6-7-3-3- شكل الشريحة ومساحتها
129.....	6-7-3-4- عرض الشريحة
130.....	6-7-3-5- إمداد الشرائح بالمياه
130.....	6-7-3-6- ميزات الري بالشرائح
130.....	6-7-3-7- مساوئ الري بالشرائح
131.....	6-7-4- الري بالخطوط
133.....	6-7-4-1- العوامل التي يجب مراعاتها عند استخدام نظام الري بالخطوط
134.....	6-7-4-2- أنواع الري بالخطوط
137.....	6-7-4-3- شكل الخط وأبعاده

139.....	6-7-4-4-العوامل المؤثرة على المسافة بين الخطوط
141.....	6-7-4-5-العوامل المؤثرة على طول الخط
143.....	6-7-4-6-انحدار الخطوط
144.....	6-7-4-7-المحاصيل المناسبة للري بالخطوط
145.....	6-7-4-8-إمداد الخطوط بالمياه
147.....	الفصل السابع- الري السطحي المطور
148.....	7-1-1-ضرورات الري السطحي المطور ومبرراته
148.....	7-2-1-مجالات تطوير الري السطحي
148.....	7-2-1-1-رفع كفاءة نقل المياه وتوزيعها من المصدر المائي إلى الحقل
149.....	7-2-1-1-1-تبطين القنوات الترابية
150.....	7-2-1-2-استبدال القنوات الترابية بشبكة من الأنابيب
151.....	7-2-1-3-منشآت التحكم بمعدل التدفق وزمنه وطاقته
151.....	7-2-1-3-1-منشآت التحويل
152.....	7-2-1-3-2-منشآت التحكم بالتدفق وإدارته
155.....	7-2-1-3-3-منشآت قياس التدفق
157.....	7-2-2-رفع كفاءة توزيع المياه ضمن الحقل
160.....	7-2-3-رفع كفاءة أنظمة الري السطحي ضمن الحقل
161.....	7-2-3-1-الري بالدفعات
162.....	7-2-3-1-1-مبدأ عمل نظام الري بالدفعات
162.....	7-2-3-1-2-تجهيزات نظام الري بالدفعات
164.....	7-2-3-1-3-أنواع أنظمة الري بالدفعات
166.....	7-2-3-1-4-مميزات نظام الري بالدفعات وسليباته
166.....	7-2-3-2-الري المنقول
166.....	7-2-3-2-1-مكونات نظام الري المنقول
166.....	7-2-3-2-2-مبدأ عمل نظام الري المنقول
168.....	7-2-3-3-تسوية الأرض

- 168..... 7-2-3-3-1- الشروط التي يجب مراعاتها عند القيام بعملية التسوية
- 169..... 7-2-3-3-2- فوائد تسوية التربة
- 171..... 7-2-3-3-3- طرائق تسوية سطح التربة
- 171..... 7-2-3-3-3-I- التسوية التقليدية
- 171..... 7-2-3-3-3-I-1- التدرج
- 171..... 7-2-3-3-3-I-2- القشط
- 172..... 7-2-3-3-3-II- التسوية الزراعية الدقيقة
- 174..... 7-2-3-3-3-II-1- مكونات وحدة التسوية بالليزر
- 174..... 7-2-3-3-3-II-2- مبدأ عمل وحدة التسوية بالليزر
- 176..... 7-2-3-3-3-II-3- ميزات التسوية الدقيقة بالليزر
- 176..... 7-2-3-3-3-II-4- الأمور التي تحد من استخدام التسوية الدقيقة بالليزر
- 177.. 7-2-3-4- جدول الري
- 177..... 7-2-3-4-1- الطرائق التقديرية
- 177..... 7-2-3-4-2- قياس تغيرات رطوبة النبات
- 177..... 7-2-3-4-3- الطرائق المباشرة
- 181..... 7-2-3-5- نظام إعادة استعمال المياه الضائعة في نهاية الحقل
- 182..... 7-2-3-6- نظام الري السطحي ذو النهاية المغلقة

185..... الفصل الثامن - الري بالتنقيط Drip Irrigation

- 185..... 8-1- تعريف نظام الري بالتنقيط
- 185..... 8-2- مميزات الري بالتنقيط
- 186..... 8-3- عيوب نظام الري بالتنقيط
- 186..... 8-4- المكونات الأساسية لنظام الري بالتنقيط
- 187..... 8-4-1- وحدة الضخ ومصدر الماء
- 188..... 8-4-1-1- النقاط الواجب مراعاتها عند اختيار المضخة
- 188..... 8-4-1-2- أنواع المضخات
- 192..... 8-4-2- وحدة التحكم

192.....	1-2-4-8- الصمامات
192.....	1-1-2-4-8- معايير اختيار الصمام الملائم
193.....	2-1-2-4-8- أنواع الصمامات
196.....	2-2-4-8- جهاز قياس تصريف المياه
197.....	3-2-4-8- أجهزة التسميد
197.....	1-3-2-4-8- أنواع أجهزة التسميد
203.....	4-2-4-8- مقاييس الضغط
203.....	5-2-4-8- أجهزة الترشيح والتصفية
204.....	1-5-2-4-8- معايير اختيار المرشحات واستخدامها
205.....	2-5-2-4-8- أنواع المرشحات
212.....	3-4-8- شبكة الأنابيب
212.....	I-3-4-8- أجزاء شبكة الأنابيب
212.....	1-I- الأنابيب الرئيسية
213.....	2-I- الأنابيب الفرعية
214.....	3-I- أنابيب السقاية
215.....	II-3-4-8- أنواع الأنابيب البلاستيكية
215.....	1-II- أنابيب مصنوعة من البلاستيك الصلب
216.....	2-II- أنابيب مصنوعة من البولي إيثيلين
221.....	4-4-8- النقاطات
221.....	1-4-4-8- تقسيم النقاطات
223.....	2-4-4-8- الصفات المفضلة في النقاطات
223.....	3-4-4-8- العوامل التي يتوقف عليها عدد النقاطات
224.....	4-4-4-8- إنسداد النقاطات
226.....	4-4-4-8- الأمور الواجب مراعاتها عند استخدام الأسمدة مع شبكة الري بالتنقيط

227.....	الفصل التاسع: الري بالرداذ
227.....	9-1- تعريف نظام الري بالرداذ
227.....	9-2- ميزات الري بالرداذ
228.....	9-3- مساوي الري بالرداذ
229.....	9-4- الحالات التي يصبح فيها الري بالرداذ النظام الوحيد الممكن استخدامه
229.....	9-5- الحالات التي يتعذر معها استخدام الري بالرداذ
230.....	9-6- المكونات الأساسية لنظام الري بالرداذ
230.....	9-7- أهم أنظمة الري بالرداذ
231.....	9-7-1- نظام الري بالرداذ الثابت
232.....	9-7-2- نظام الري بالرداذ النصف ثابت
233.....	9-7-3- نظام الري بالرداذ جانبي التدحرج
236.....	9-7-4- نظام المدفع والبكرة
238.....	9-7-5- النظام المحوري والنظام الخطي
240.....	9-8- المرشات
240.....	9-8-1- الخصائص الهندسية للمرشات
240.....	9-8-2- أنواع المرشات
240.....	9-8-2-1- المرشات ذات الرأس الدوار
242.....	9-8-2-2- المرشات الناهضة
243.....	9-8-2-3- المرش المدفعي
243.....	9-8-2-4- المرشات الثابتة
244.....	9-8-2-5- الأنابيب المثقبة
244.....	9-8-3- عوامل اختيار المرشات
248.....	9-9- تقييم شبكة الري بالرداذ

251.....	الفصل العاشر: مدخل إلى تسميد الأراضي
251.....	10-1- مبادئ وتعريف أساسية متعلقة بخصوبة التربة وتسميدها
252.....	10-1-1- خصوبة التربة
252.....	10-1-1-1- العوامل المحددة لخصوبة التربة
254.....	10-1-1-2- دلائل خصوبة التربة
254.....	10-1-2- التعريف بالمخصبات
254.....	10-1-2-1- المصلحات
255.....	10-2-2- الأسمدة
255.....	10-3-1- علم التسميد وتغذية النبات
255.....	10-4-1- الاحتياجات الغذائية للنبات واحتياجات الأسمدة
256.....	10-5-1- التغذية السمادية المتزنة للنبات
256.....	10-6-1- آلية امتصاص النبات للعناصر الغذائية

257.....	الفصل الحادي عشر: السماد العضوي
257.....	11-1- المادة العضوية
257.....	11-1-1- تعريف المادة العضوية
259.....	11-1-2- التركيب الكيميائي للمادة العضوية
259.....	11-1-2-1- السكريات العديدة
260.....	11-1-2-2- اللجنين
261.....	11-1-2-3- البروتينات
262.....	11-1-3- تأثير المادة العضوية في خصوبة التربة ونمو المحاصيل
263.....	11-1-4- تحليل المادة العضوية
263.....	11-1-4-1- نسبة الكربون إلى الآزوت وعلاقتها بتحلل المادة العضوية
265.....	11-1-4-2- العوامل المحددة لعدد الكائنات الحية الدقيقة في التربة ونوعها
267.....	11-1-4-3- محتوى التربة من المادة العضوية
269.....	11-2- دبال التربة
269.....	11-2-1- تعريف الدبال

- 270..... 11-2-2- التركيب الكيماوي للدبال
- 271..... 11-2-2-1- حموض الهيوميك
- 272..... 11-2-2-1- الصفات الطبيعية للحموض الهيومية
- 273..... 11-2-2-2- الحموض الفولفية
- 274..... 11-2-2-3- الهومين
- 275..... 11-2-3- طرائق تكون الدبال في التربة
- 275..... 11-2-4- أنواع الدبال
- 275..... 11-2-4-1- بحسب تأثير المذيب القلوي
- 276..... 11-2-4-2- بحسب درجة تشبع الدبال بالقواعد
- 276..... 11-2-4-3- بحسب نوع الأرض
- 277..... 11-2-5- أهمية الدبال في خصوبة التربة
- 280..... 11-2-6- كمية الدبال في التربة وتأثير فعاليات الإنسان الزراعية عليها

283..... الفصل الثاني عشر: الأسمدة المعدنية

- 283..... 12-1- السماد الآزوتي
- 283..... 12-1-1- أهمية الآزوت للنبات
- 284..... 12-1-2- وجود الآزوت في الطبيعة وأشكاله في التربة
- 284..... 12-1-2-1- أشكال الآزوت غير العضوي
- 285..... 12-1-2-2- أشكال الآزوت العضوي
- 285..... 12-1-3- مصادر الآزوت في التربة
- 286..... 12-1-4- سلوك الآزوت وتفاعلاته في التربة
- 287..... 12-1-5- حركية الأسمدة الآزوتية في التربة
- 287..... 12-1-6- العوامل البيئية المؤثرة في تثبيت الآزوت الجوي
- 287..... 12-1-6-1- العوامل الفيزيائية
- 290..... 12-1-6-2- العوامل الكيميائية
- 290..... 12-1-6-3- العوامل الحيوية
- 290..... 12-1-7- فقد الآزوت من التربة

- 291..... 12-1-7-1-1 النبات
- 291..... 12-1-7-2-2 الرش
- 292..... 12-1-7-3-3 فقد الآزوت بالأشكال الغازية
- 292..... 12-1-7-4-4 فقد الآزوت بالانجراف
- 292..... 12-1-8-8-8 تقسيم الأسمدة الآزوتية
- 293..... 12-1-8-1-1 الأسمدة النترائية
- 293..... 12-1-8-2-2 الأسمدة الأمونياكية
- 294..... 12-1-8-3-3 الأسمدة النترائية الأمونياكية
- 295..... 12-1-8-4-4 الأسمدة الأميدية
- 296..... 12-1-9-9-9 شروط استعمال الأسمدة الآزوتية
- 298..... 12-1-10-10-10 التسميد بالصور المختلفة من الآزوت
- 299..... 12-2-2-2-2 الأسمدة الفوسفاتية
- 301..... 12-2-1-1-1 أهمية الفوسفور للنبات
- 301..... 12-2-1-1-2 الدور الحيوي للفوسفور في النبات
- 302..... 12-2-1-2-2 تأثير مركبات الفوسفور في نمو المحاصيل وتطورها
- 304..... 12-2-1-3-3 أعراض نقص الفوسفور
- 304..... 12-2-2-2-2 أشكال الفوسفور في التربة ووجوده فيها
- 305..... 12-2-2-1-1 العوامل المؤثرة على كمية الفوسفور في التربة
- 305..... 12-2-2-2-2 أشكال الفوسفور في التربة
- 306..... 12-2-3-3-3 قابلية إفادة الفوسفور للنبات
- 306..... 12-2-3-1-1 أنواع شوارد الفوسفات بحسب قابليتها لإفادة النبات
- 307..... 12-2-3-2-2 العوامل المؤثرة على درجة استفادة النبات من الفوسفور
- 308..... 12-2-4-2-2 سلوك الفوسفات وتفاعلاتها في التربة
- 308..... 12-2-4-1-1 تثبيت الفوسفات في التربة
- 309..... 12-2-4-2-2 تحليل الفوسفات غير العضوية في التربة
- 309..... 12-2-5-5-5 حركية الفوسفات في التربة

- 12-2-6- أنواع الأسمدة الفوسفاتية 311
- 12-2-6-1- أنواع الأسمدة الفوسفاتية بحسب تركيبها الكيماوي 311
- 12-2-6-2- أنواع الأسمدة الفوسفاتية بحسب درجة ذوبانها في الماء 312
- 12-2-7- أهم الملاحظات المتعلقة بالتسميد الفوسفاتي 312

- 12-3- الأسمدة البوتاسية 314
- 12-3-1- أهمية البوتاسيوم للنبات 315
- 12-3-1-1- أهم وظائف عنصر البوتاسيوم ضمن النبات 316
- 12-3-1-2- أعراض نقص البوتاسيوم 319
- 12-3-2- قابلية إفادة البوتاسيوم للنبات 322
- 12-3-2-1- أنواع البوتاسيوم بحسب قابليته لإفادة النبات 322
- 12-3-2-2- العوامل المؤثرة على درجة استفادة النبات من البوتاسيوم 323
- 12-3-3- سلوك البوتاسيوم وتفاعلاته في التربة 324
- 12-3-3-1- تثبيت البوتاسيوم في التربة 324
- 12-3-4- حركية الأسمدة البوتاسية 325
- 12-3-5- أنواع الأسمدة البوتاسية 325
- 12-3-6- المبادئ العامة للتسميد البوتاسي 327

- الفصل الثالث عشر: الأسمدة بطيئة التحلل 333
- 13-1- تعريف الأسمدة البطيئة التحلل 333
- 13-2- الأسباب الرئيسية لاستخدام الأسمدة بطيئة التحلل 333
- 13-3- أنواع الأسمدة بطيئة التحلل 335
- I- مثبطات التآزت 335
- I-1- آلية عمل مثبطات التآزت 336
- I-2- إضافة مثبطات التآزت 336
- I-3- فعالية مثبطات التآزت 336
- I-4- العوامل المؤثرة على فعالية مثبطات التآزت 337
- I-5- الموعد الملائم لإضافة مثبطات التآزت 337

- 13-4- الأهمية الاقتصادية لاستخدام الأسمدة بطيئة التحلل 338
- 13-5- أمثلة عن الأسمدة بطيئة الإمداد 339

الفصل الرابع عشر: أعراض نقص العناصر الغذائية

- 14-1- أنواع النقص في العناصر الغذائية 341
- 14-1-1- النقص المطلق 341
- 14-1-2- النقص المفتعل 341
- 14-1-2-1- الأسباب المؤدية لحدوث النقص المفتعل 341
- 14-2- طرائق تشخيص نقص العناصر الغذائية 342
- 14-3- أعراض نقص العناصر المغذية 342
- 14-3-1- الكبريت 344
- 14-3-1-1- وظائف الكبريت 344
- 14-3-1-2- تأثير زيادة تركيز الكبريت 344
- 14-3-1-3- أعراض نقص الكبريت في النبات 344
- 14-3-1-4- معالجة نقص الكبريت 345
- 14-3-2- المغنسيوم 345
- 14-3-2-1- وظائف المغنسيوم 345
- 14-3-2-2- أعراض نقص المغنسيوم 345
- 14-3-2-3- علاج نقص المغنسيوم 345
- 14-3-3- الكالسيوم 346
- 14-3-3-1- دوره الكالسيوم في النبات 346
- 14-3-3-2- أعراض نقص الكالسيوم 346
- 14-3-3-3- العوامل المساهمة في نقص الكالسيوم 346
- 14-3-3-4- معالجة نقص الكالسيوم 347
- 14-3-3-5- الكالسيوم في الترب الزراعية 347
- 14-3-3-6- الكالسيوم في مياه الري 347
- 14-4- أعراض نقص العناصر الصغرى 347

348	14-4-1- الحديد
348	14-4-1-1 وظائف الحديد في النبات
348	14-4-1-2 أعراض نقص الحديد
348	14-4-1-3 معالجة أعراض نقص الحديد
349	14-4-2 البورون
349	14-4-2-1 وظائف البورون في النبات
349	14-4-2-2 أعراض نقص البورون
349	14-4-2-3 أسباب نقص البورون
350	14-4-2-4 معالجة نقص البورون
350	14-4-3 الزنك
350	14-4-3-1 وظائف الزنك في النبات
350	14-4-3-2 أعراض نقص الزنك
351	14-4-3-3 معالجة نقص الزنك
351	14-4-4 المنغنيز
351	14-4-4-1 وظائف المنغنيز في النبات
351	14-4-4-2 أعراض نقص المنغنيز
352	14-4-4-3 معالجة نقص المنغنيز
352	14-4-5 النحاس
352	14-4-5-1 وظائف النحاس في النبات
352	14-4-5-2 أعراض نقص النحاس
353	14-4-5-3 معالجة أعراض نقص النحاس
353	14-5 بعض التوصيات المتعلقة بعلاج نقص العناصر

355	الفصل الخامس عشر: التسميد الورقي
355	15-1 تعريف التسميد الورقي
355	15-2 دواعي استخدام التسميد الورقي
355	15-3 أنواع آلات الرش المستخدمة في التسميد الورقي
356	

- 15-4- أنواع الأسمدة الورقية 357
- 15-5- أسس اختيار السماد الورقي 357
- 15-6- مزايا التسميد الورقي 358
- 15-7- سلبيات التسميد الورقي 358
- 15-8- العوامل المؤثرة على امتصاص العناصر وانتقالها داخل النبات 359
- 15-9- الإرشادات العامة الواجب اتباعها عند رش أسمدة العناصر الصغرى 360
- 15-10- إرشادات تحضير محلول الرش 360
- 15-11- إرشادات عملية الرش 360

الفصل السادس عشر: الأسمدة المركبة 363

- 16-1- تعريف الأسمدة المركبة 363
- 16-2- أنواع الأسمدة المركبة 363
- 16-1-2- الأسمدة الآزوتية البوتاسية 363
- 16-2-2- أسمدة آزوتية فوسفاتية 364
- 16-3-2- أسمدة آزوتية فوسفاتية بوتاسية 364
- 16-3- تحليل السماد المركب 364
- 16-4- ميزات خلط الأسمدة 365
- 16-5- مساوئ خلط الأسمدة البسيطة 366
- 16-6- الأمور الواجب مراعاتها عند خلط الأسمدة 366

المراجع 369

مقدمة الكتاب

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده محمد وعلى آله وصحبه، وبعد.....

تعاني المكتبة العربية من ندرة المراجع العلمية باللغة العربية وخاصة في مجال العلوم الهندسية ومنها الري والصرف والمياه والتسميد وبفضل من الله يتزايد الاهتمام باللغة العربية يوماً بعد يوم ولا شك في أن لغة القرآن ستستعيد هيبتها في المستقبل القريب بعد أن امتهناها وأذلها كثير من أبنائها وغير أبنائها واتهامها بالقصور، وعدم قدرتها على مواكبة العلوم الحديثة. وإن إذلال لغة قوم هو إذلال ثقافي وفكري للأمة نفسها الأمر الذي يدعو إلى تضافر الجهود من كل أبناء هذه اللغة لجعلها لغة تحتل مكانتها اللائقة التي كانت عليها حيث كانت لغة العلم والتعلم في جميع أنحاء العالم والدليل على مكانتها السامية هو اختيار الله سبحانه وتعالى لهذه اللغة لتكون لغة الرسالة الخالدة، لغة القرآن الكريم لكن العيب فينا نحن وليس في لغتنا لأنها لغة ذات تخصص عالٍ جداً وكل كلمة لها معنى محدد ودقيق وخاص بعكس كل اللغات الأخرى ومنها الإنكليزية وإذا كان هناك شك عند أي شخص عليه فتح أي قاموس إنكليزي فحسب وسوف يجد أن لكل كلمة إنكليزية معاني عدة بالعربية قد تزيد في بعض الأحيان على العشرين معنى والفضل في التقدم العلمي لأوروبا يرجع إلى الحركة العلمية في الترجمة عن العربية خلال القرون الوسطى مثل كتب ابن سينا وابن الهيثم والفارابي وابن خلدون وغيرهم من علماء هذه الأمة ولم ينكر الأوروبيون ذلك وهذا يشهد بأن اللغة العربية هي لغة علم وتدرّيس وتأليف وأنها قادرة على التعبير عن متطلبات الحياة وما يستجد من علوم وأن غيرها ليس بأدق منها وهي أقدر على التعبير ولكن ما أصاب الأمة من جمود وتخلف والبعد عن العلم والحضارة أصبح عائقاً أمام هذه اللغة العريقة.

يجب الاهتمام باللغة العربية اهتماماً كبيراً حتى تعود إلى مكانتها السابقة إن شاء الله قريباً ونجدها لغة علم وتأليف، وإن اعتراف المجتمع الدولي بها لغة من لغات منظمة الأمم المتحدة ومؤسساتها في أنحاء العالم دليل على أنها لغة عريقة كانت ومازالت لغة علوم وأدب وفكر وخطاب ومساهمة مني في حملة التعريب ضمن مجال التعليم العالي يسعدنا وبكل تواضع أن نقدم هذا الكتاب إلى كل المثقفين من أبناء هذه الأمة ونظراً لأهمية الثروة المائية والتي أوشكت أن تفوق في أهميتها الثروة البترولية وجميع الثروات الطبيعية الأخرى ولا عجب في ذلك فالماء سر الحياة وجعل الله منه كل شيء حي ومع زيادة عدد السكان التي تؤدي إلى زيادة في الطلب على المواد الغذائية لذلك أصبح الاهتمام بالمياه أكثر إلحاحاً وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة التي يقع ضمنها وطننا مما يدعونا إلى ضرورة الاهتمام بالموارد المائية ورفع كفاءة استخدام المياه ولقد استندنا عند تأليف هذا الكتاب إلى مصادر عديدة عربية وأجنبية ذكرتها في باب المراجع في نهاية الكتاب.

وأرجو من الله أن أكون قد وفقنا في كتابنا هذا راجياً من جميع المهتمين والاختصاصيين في هذا المجال أن يعفوا عما هفونا وعن التقصير إذا وجد وعذرنا في ذلك أنه فوق كل ذي علمٍ عليم ونقول - ربي زدني علماً - ونرجو من الله التوفيق وإن نكون قد ساهمنا في نقل جزءٍ من المعرفة والعلم إلى لغة أمتنا الحبيبة والله من وراء القصد.

ألف هذا الكتاب الدكتور رياض بلدية بنسبة 70 % والدكتور محمد سعيد الشاطر بنسبة 30 %.

ربنا لا تؤاخذنا إن نسينا أو أخطانا

المؤلفان

الفصل الأول

ماء التربة Soil Water

يعرف الماء الذي يدخل التربة عن طريق الأمطار أو الري بالماء الأرضي فهو إما أن يُحتجز في مسامات التربة أو على سطح حبيباتها. يلعب ماء التربة دوراً مهماً في نمو النبات خلال مراحل نموها المختلفة ويتميز بإمكانية وجوده في أكثر من حالة فيزيائية كالصلبة والسائلة والغازية، وتُعدُّ الحالة السائلة أكثر حالات الماء أهمية بالنسبة لعملية الري والتسميد فهو المذيب الذي يستطيع النبات امتصاص العناصر الغذائية عن طريقه مما يجعلها ميسرة للنباتات والأحياء الدقيقة وهو الناقل الرئيسي خلال أنظمة التربة وبينها، كما أنه يشارك في الدورات الجيوكيميائية عن طريق التجوية ويعمل على غسل الأملاح إلى المياه الجوفية.

تتأثر إمكانية استفادة النبات من الماء الأرضي بسهولة حركته المتعلقة بقوة الارتباط بين جزيئات التربة وجزيئات الماء والقوى الأخرى المؤثرة عليه كقوة الجاذبية والضغط الهيدروستاتيكي والخاصة الشعرية والتوتر السطحي، وتتراوح قوة الارتباط بين (0.1 – 10,000) بار حيث يُعدُّ الماء المرتبط بين (1/3 – 10) عبارة عن الماء الميسر الذي يستطيع النبات امتصاصه وهو جزء من الماء الشعري الذي يقع بدوره بين السعة الحقلية ونقطة الذبول. وانطلاقاً من قوة الارتباط أو بحسب إمكانية الاستفادة يمكن تقسيم ماء التربة إلى تقسيم فيزيائي يحدد على أساس قوة التصاق الماء مع التربة وآخر بيولوجي يحدد بحسب قدرة النبات على الاستفادة منه.

1-1- تقسيم ماء التربة: يقسم ماء التربة وفقاً لمعيارين: فيزيائي، وبيولوجي.

1-1-1- التقسيم الفيزيائي Physical Classification: (الشكلين: 1-1،

1-2) يبنى هذا التقسيم على أساس قوة ارتباط الماء بحبيبات التربة، ويقسم ماء

التربة وفقه إلى:

1-1-1-1- ماء الجاذبية الأرضية (الماء الحر) Gravitational Water:

هو عبارة عن الماء الفائض الذي يقع بين السعة الكلية والسعة الحقلية الموجود ضمن المسامات الكبيرة حيث يكون حرّاً أو تحت شد منخفض جداً ويسمى بالماء الحر لعدم قدرة حبيبات التربة على الاحتفاظ به وخضوعه لقوة الجاذبية الأرضية.

- تكون قوة ارتباط ماء الجاذبية الأرضية بالتربة ضعيفة متراوحة بين (0.1 -

0.3) ضغط جوي، إذ يتحرك هذا الماء نحو أسفل التربة تحت تأثير الجاذبية

الأرضية. فعندما تغمر التربة بالماء عن طريق الري أو الأمطار - تمتلئ

مسام التربة بالماء، وبما أن هذه المسام متفاوتة في حجمها تبعاً لقوام التربة

وبنائها فإنها ستكون متفاوتة في درجة علاقتها بالماء، وبالتالي فإن الماء

سيسلك سلوكاً مختلفاً بحسب توزيعه داخل هذه المسام حيث يشغل كامل

المسامات ومن ثم سرعان ما يتحرك نحو أسفل قطاع التربة تحت تأثير

الجاذبية الأرضية وهو ما يدعى بماء الجاذبية الأرضية.

- تعدّ صلاحية ماء الجاذبية الأرضية محدودة على الرغم من وجوده بوفرة في

التربة وذلك لعدم توفر الهواء في التربة إذ أن أولويات النبات في هذه

المرحلة هي تأمين الهواء، وفي الأراضي جيدة الصرف لا ينجم عن وجود

هذا الماء أي مشكلة نظراً لسرعة التخلص منه.

1-1-1-2- الماء الشعري Capillary Water: هو الماء الذي تحتفظ به

التربة بعد التخلص من ماء الجاذبية الأرضية ويقع بين السعة الحقلية والنقطة

الهيغروسكوبية. يوجد الماء الشعري داخل المسام الضيقة للتربة وعلى صورة أغشية رقيقة حول حبيباتها وكذلك في الزوايا بينها.

- تتراوح قوة ارتباط الماء الشعري بالتربة بين $(1/3 - 31)$ ضغط جوي، ويرجع سبب احتفاظ حبيبات التربة بالماء الشعري لقوتين هما:

أ. قوة جذب سطح الحبيبة لجزيئات الماء (Adhesion).

ب. قوة جذب جزيئات الماء بعضها لبعض (Cohesion).

- يقسم الماء الشعري إلى قسمين بحسب قدرة النبات على الاستفادة منه وهما:

ماء شعري واقع بين السعة الحقلية ونقطة الذبول يستطيع النبات الاستفادة

منه وهو الماء الميسر للنبات، تتراوح قوة ارتباطه بين $(1/3 - 10)$ ضغط

جوي، وماء شعري لا يستطيع النبات الاستفادة منه وهو الماء الواقع بين

نقطة الذبول والنقطة الهيغروسكوبية وتتراوح قوة ارتباطه بين $(10 - 31)$

ضغط جوي وهو جزء من الماء غير الميسر للنبات.

- يزداد محتوى رطوبة التربة من الماء الشعري مع زيادة نسبة الحبيبات

الدقيقة وذلك بسبب زيادة السطح النوعي للتربة.

1-1-3- الماء الهيغروسكوبي Hygroscopic water: هو الماء

الموجود في صورة أغشية رقيقة حول حبيبات التربة خصوصاً منها الجافة

هوائياً ويتراوح سمكه من $(15-20)$ جزيء ماء.

- ترتبط جزيئات الماء الهيغروسكوبي بحبيبات التربة بقوة تتراوح شدتها من

$(31-10000)$ ضغط جوي.

- يعد الماء الهيغروسكوبي غير ميسر للنباتات تحت الظروف الطبيعية ولا

تستطيع الاستفادة منه بسبب قوة ارتباطه العالية بحبيبات التربة كما أن

معظمه يوجد في حالة غير متحركة، ويتحرك في الغالب على صورة بخار

ويتعلق بحالة الرطوبة الجوية فهو يعبر عن التوازن بين الرطوبة الأرضية

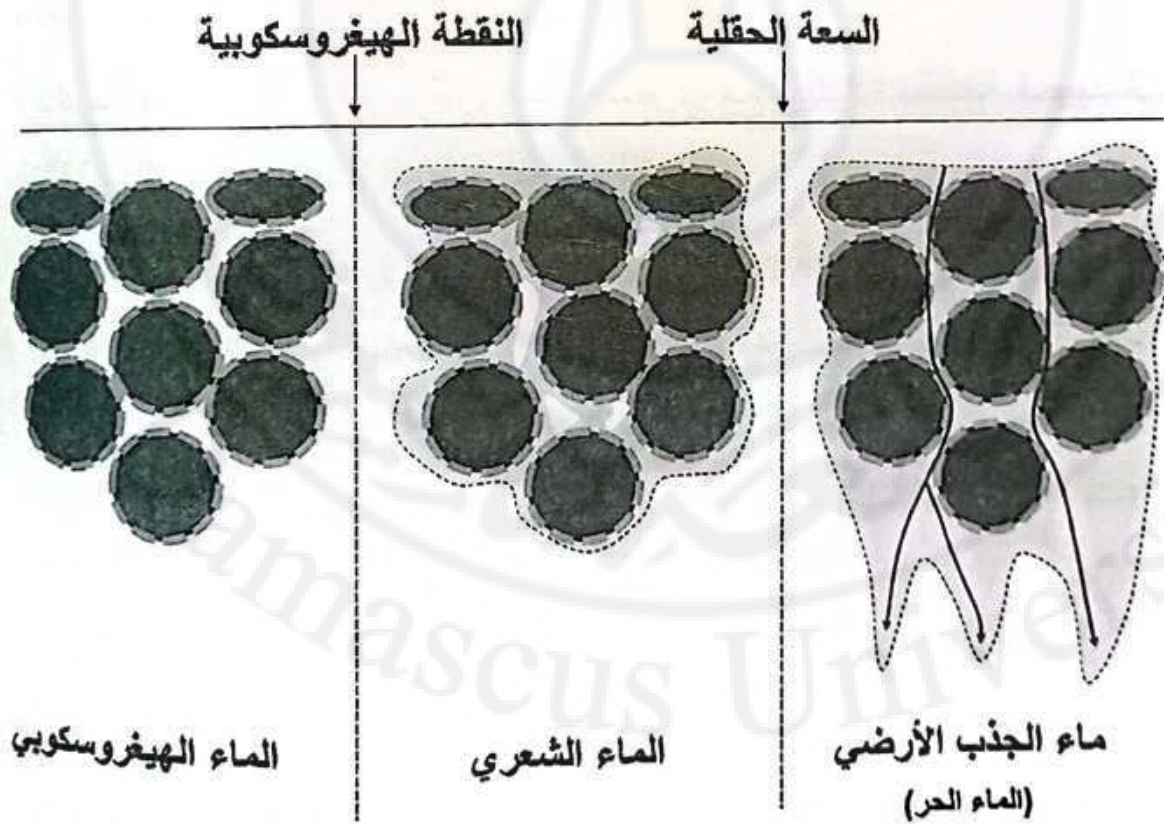
والرطوبة الجوية حيث تزداد كميته بزيادة الرطوبة الجوية وتنخفض بانخفاضها وبمعنى آخر أيهما أكثر يعطي الآخر.

- تكون كمية الماء الهيجروسكوبي في الأراضي الرملية أقل مما في الأراضي الطينية، أي أن كميته تقل بزيادة قطر حبيبات التربة.

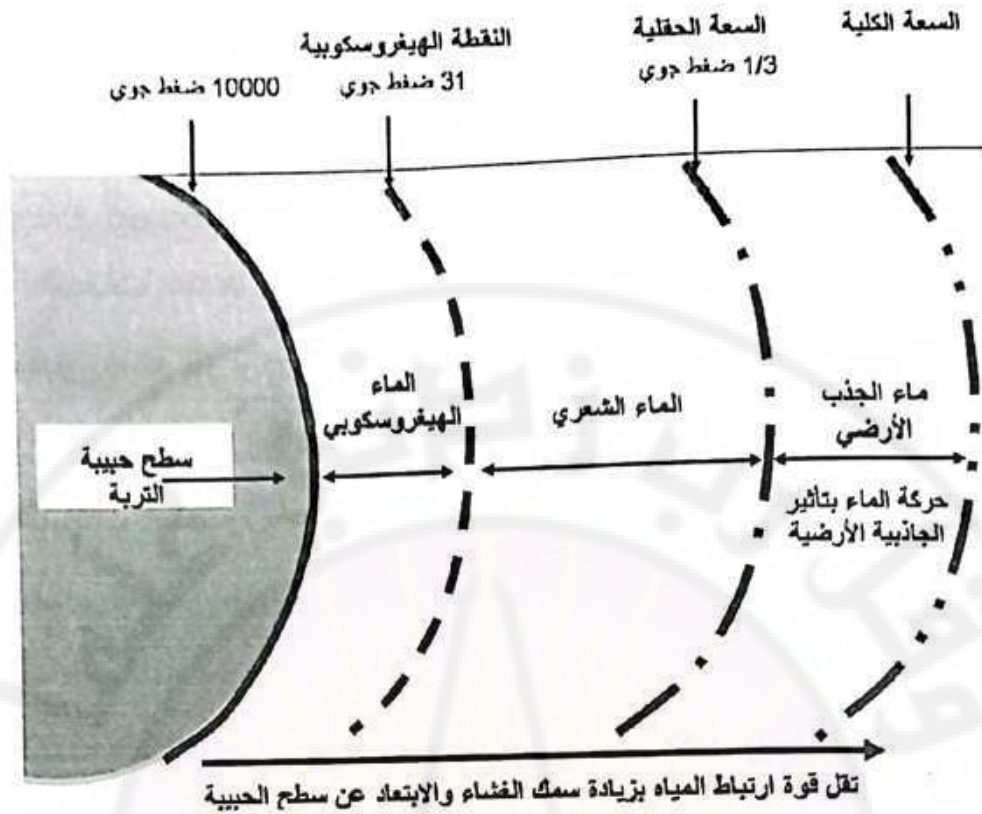
1-1-1-4- بخار الماء Vapor: توجد جزيئات الماء في صورة بخار ضمن المسامات الهوائية الموجودة بين حبيبات التربة فهو يعد من مكونات الطور الغازي للتربة. يخضع بخار الماء في حركته لقوانين الانتشار تبعاً لتدرج جهد الضغط البخاري.

- يزداد تكثف بخار الماء من الهواء الجوي نتيجة لزيادة الفرق بين الرطوبة المطلقة في الهواء الجوي والضغط البخاري في الهواء الأرضي.

- تكون استفادة النبات منه محدودة جداً وبصورة غير مباشرة.



الشكل (1-1): التقسيم الفيزيائي لماء التربة



الشكل (2-1): شكل تخطيطي يبين سماكة الماء حول حبيبة التربة عند مستويات شد رطوبي مختلفة

1-2-1-1- التقسيم البيولوجي Biological Classification: (الشكلان

3-1، 4-1) يقوم على إمكانية استفادة النباتات من ماء التربة، ويتضمن:

1-2-1-1- الماء الفائض Excessive Water: هو عبارة عن كمية

المياه في التربة الفائضة عن السعة الحقلية والتي ترشح إلى باطن التربة تحت تأثير الجاذبية الأرضية وتكون استفادة النبات منه محدودة جداً بسبب سرعة حركته، كما ينجم عن وجوده نقص محتوى الأوكسجين في التربة ونقص نشاط البكتيريا النافعة كالتي تقوم بتثبيت الآزوت الجوي في التربة.

1-2-2-1- الماء الميسر Available Water: ويمثل المحتوى الرطوبي

للتربة المحصور بين السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم.

- يُعدّ الماء الميسر الذي يستطيع النبات امتصاصه عن طريق جذوره، لذلك يجب العمل على توفيره في منطقة نمو المجموع الجذري وانتشاره مع الانتباه إلى عدم انخفاض كميته إلى حد قريب من نقطة الذبول الدائم لأن جذور النباتات عندها تبذل جهداً مضاعفاً لامتصاص الماء. ولذلك اصطلح على تقدير نسبة تتراوح بين (50 - 70)% من الماء الميسر تدعى بالماء الميسر بسهولة وهو يمثل الحد من المحتوى الرطوبي للتربة الذي تستطيع عنده النباتات الحصول على الماء بأقل جهد.

- يمثل الماء الميسر جزءاً من الماء الشعري الواقع بين السعة الحقلية ونقطة الذبول.

- تتأثر كمية المياه الميسر ببعض خواص التربة وكذلك بمعدل استهلاك النبات للماء والذي يخضع لعوامل نباتية ومناخية. وعموماً يمكن القول: إن قوام التربة وبنائها ومحتواها من المادة العضوية والأملاح وعمق قطاع التربة وتجانسه يؤثر على كمية الماء الميسر المختزنة في التربة.

1-1-2-3- الماء غير الميسر Unavailable Water : يمثل المحتوى الرطوبي للتربة عند نقطة الذبول الدائم إلى الدرجة الهيجروسكوبية، ويشتمل على جزء من الماء الشعري والماء الهيجروسكوبي.

- يعد هذا الماء غير قابل لإفادة النبات لأنه يخضع لقوة شد كبيرة من حبيبات التربة تفوق قدرة النبات على امتصاصه تتراوح بين (10-10000) ضغط جوي.

***العوامل المؤثرة على كمية الماء الميسر في التربة:** تتوقف كمية الماء الميسر في التربة على عدة عوامل تؤثر في التربة من حيث تركيبها الكيميائي والفيزيائي، من أهمها:

(1) كمية الأملاح الموجودة في التربة: تؤدي زيادة تركيز الأملاح في التربة إلى زيادة الضغط الأسموزي، الأمر الذي يؤدي إلى ارتفاع الجهد اللازم لامتصاص الماء، مما يقلل من مقدار الماء الميسر بالتربة، ويزيد من مقدار الماء غير الميسر.

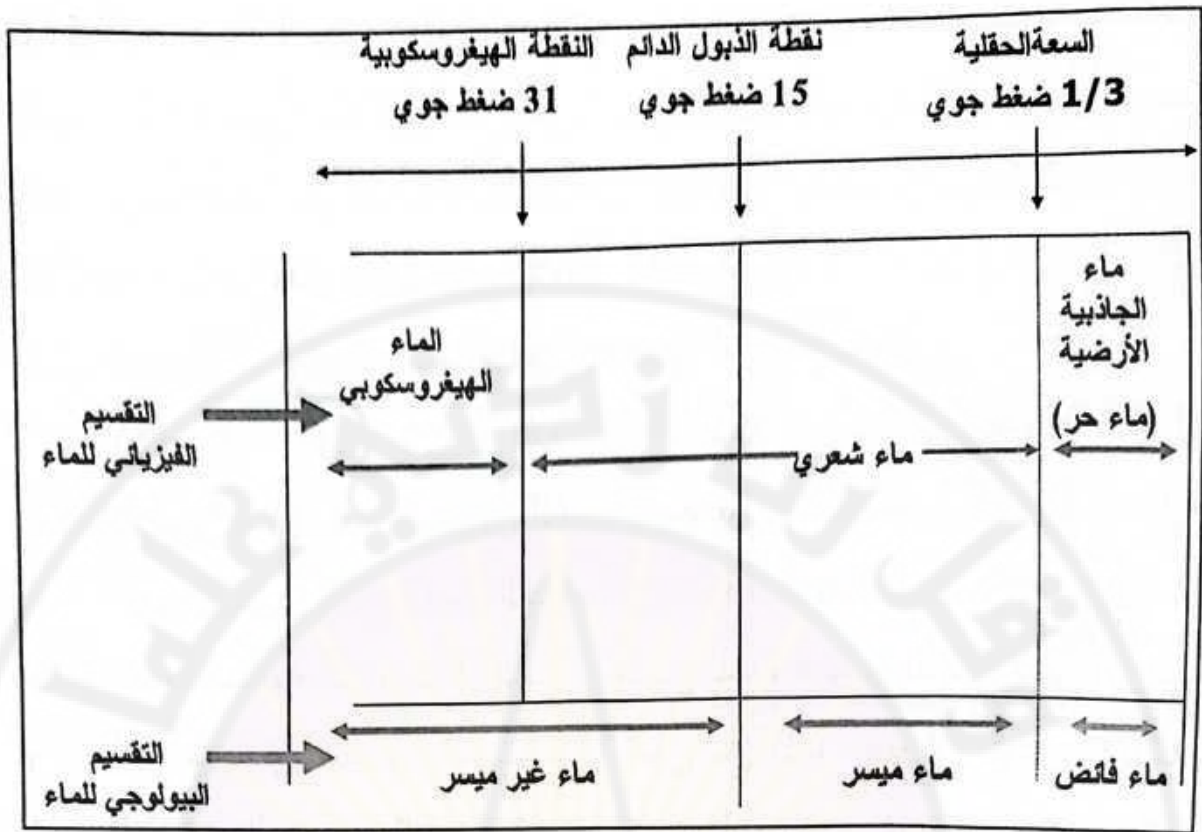
(2) عمق قطاع التربة: تتميز الترب عميقة القطاع بزيادة مقدار الماء الميسر بها، بينما يكون العكس في حالة الأراضي الضحلة وذلك في حال ثبات جميع العوامل الأخرى المؤثرة على مقدار الماء الميسر في التربة. وتعد هذه النقطة ذات أهمية كبيرة خاصة عند زراعة النباتات ذات المجموع الجذري العميق.

(3) تتابع طبقات التربة: يؤثر تتابع طبقات التربة على مقدار الماء الميسر الموجود في التربة، فقد توجد طبقات رملية أسفل طبقات ناعمة القوام. كما يؤدي اقتراب الطبقة الصماء من سطح التربة إلى انخفاض سمك قطاع التربة الذي تمتص منه النباتات الماء.

(4) العلاقات الشديدة للرطوبة: يتأثر مقدار الماء الميسر الموجود في التربة بالعوامل نفسها المؤثرة على المحتوى الرطوبي للتربة عند السعة الحقلية وعند معامل الذبول، وبناءً على ذلك يؤثر قوام التربة وبنائها وكمية المادة العضوية فيها على مقدار الماء الميسر. ففي الأراضي خشنة القوام لا تحتاج النباتات إلى جهد كبير لامتصاص الماء وتحتاج إلى جهد متوسط في الأراضي متوسطة القوام، بينما تحتاج في الأراضي ناعمة القوام إلى إجهاد يزيد على ذلك مما يعني أن قوة ارتباط الماء تتأثر بحجم حبيبات التربة لذلك يختلف محتوى رطوبة التربة بحسب قوامها عند الضغوط نفسها، وبمعنى آخر ارتفاع نسبة الرطوبة عند معامل الذبول في الأراضي ناعمة القوام مقارنة بالأراضي متوسطة القوام والخشنة. كذلك يؤثر بناء التربة على

حجم الفراغات البينية وبناء على ذلك يكون لبناء التربة تأثير على علاقات الشد الرطوبي في التربة.





الشكل (1-4): مخطط يبين العلاقة بين التقسيمين الفيزيائي والبيولوجي لماء التربة وجهد ماء التربة

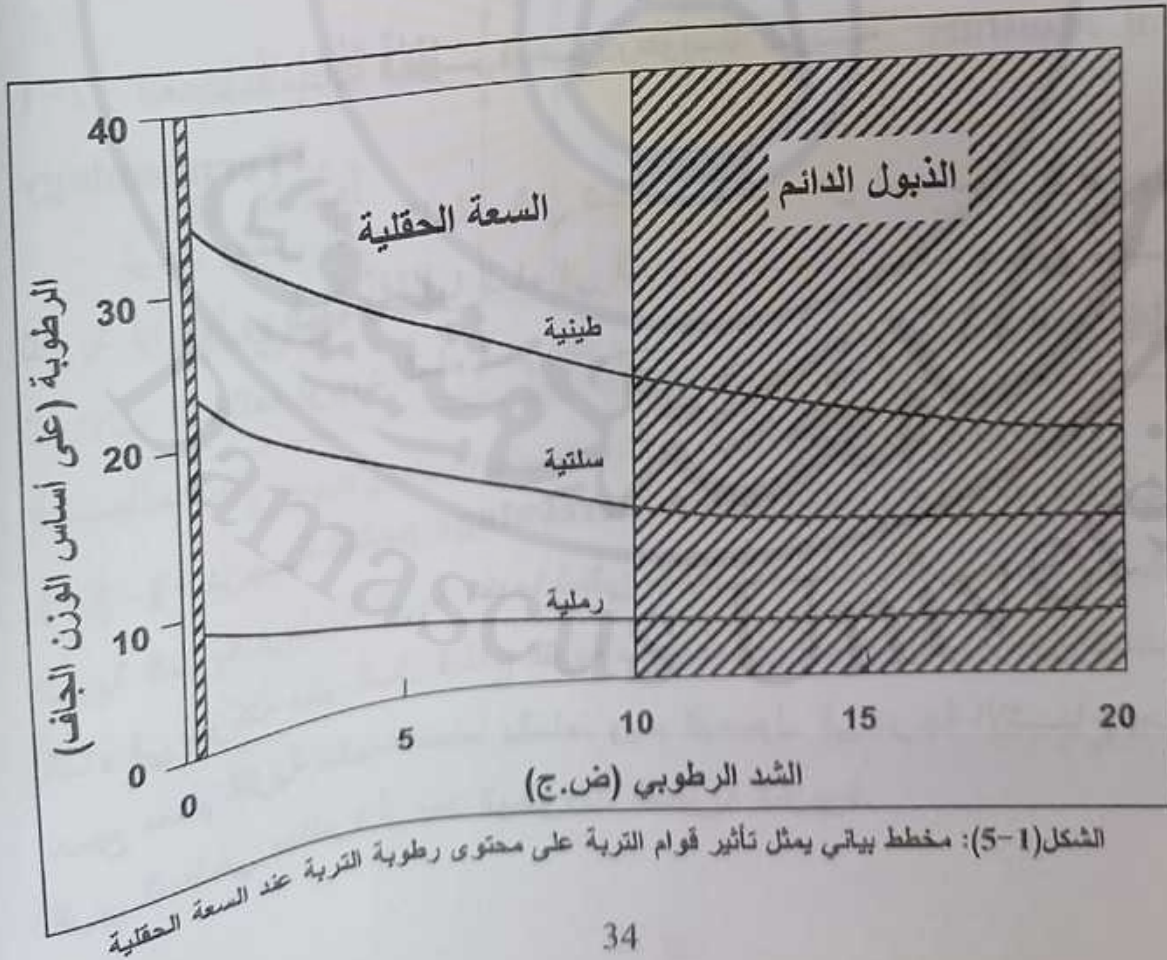
1-2-2- المصطلحات المعبرة عن رطوبة التربة Soil Moisture Terminology:

توجد بعض المصطلحات التي تستخدم للتعبير عن المحتوى الرطوبي للتربة أو القوى الممسوك بها الماء في التربة وكذلك لتعريف حدود معينة للحالات المختلفة لوجود الماء في التربة، وفيما يلي توضيح لهذه المصطلحات:

1-2-1- درجة التشبع (S.P) Saturation percentage: تعرف بأنها النسبة المئوية لرطوبة التربة عندما تمتلئ جميع المسامات بالماء. إذ يستمر الماء في حركته نحو أسفل قطاع التربة مع استمرار إضافته للتربة حتى تصبح جميع مسام التربة مشبعة تماماً بالماء. ويتم الوصول إلى درجة الإشباع بعد الري السطحي مباشرة أو بعد الهطولات المطرية الغزيرة.

1-2-2- السعة الحقلية (F.C) Field capacity: تعرف السعة الحقلية بأنها الرطوبة التي تحتفظ بها التربة بعد صرف ماء الجاذبية الأرضي (الماء الحر) وعندها تقل حركة الماء للأسفل إلى حد كبير وتخضع حركة الماء عندها للخاصة الشعرية فقط، الأمر الذي يتحقق عادةً بعد يوم أو يومين أو ثلاثة من الري السطحي أو سقوط الأمطار الغزيرة على التربة الزراعية.

تختلف نسبة الرطوبة عند السعة الحقلية قوام التربة وطبيعتها (الشكل 1-5)، ويتراوح مقدار الشد الرطوبي للترب المختلفة عند السعة الحقلية من 0.1 - 0.7 (تبلغ القيمة المتوسطة عند 0.33 ضغط جوي). وترجع أهمية السعة الحقلية لكونها تمثل الحد الأعلى للماء الميسر للنبات في التربة والأفضل، حيث إن المحتوى الرطوبي الأعلى من ذلك قد يؤثر على النشاط الفيزيولوجي للجذور ويقلل من قدرة النبات على الاستفادة منه لاختلاف التوازن بين الماء والهواء ضمن المسام.



1-2-3- نقطة الذبول Wilting point or Wilting Percentage:
 عندما يصل محتوى رطوبة التربة إلى حد لا يستطيع النبات امتصاصه يؤثر ذلك على فيزيولوجية النبات فتظهر أعراض ذبول على الأوراق السفلى للنبات وعند استمرار الانخفاض في الرطوبة إلى دون حد الذبول يموت النبات. يمكن أن نقسم حد الذبول قسمين هما:

1-3-2-1- الذبول المؤقت Transient Wilting: تظهر على النباتات عندما يصل المحتوى الرطوبي للتربة عند نقطة الذبول المؤقت بعض أعراض الذبول، إلا أنها تسترد حالتها الطبيعية عند إضافة الماء للتربة أو عند زوال الحالة الجوية المسببة لاختلال التوازن المائي للنبات.

1-3-2-2- الذبول الدائم (PWP) Permanent Wilting Point:
 يعبر عنه بنسبة رطوبة التربة التي لا يمكن للنباتات عندها أن تستخلص الماء اللازم لعملياتها الحيوية مثل النمو والنتج بسبب الشد العالي الذي يمسك به الماء حول حبيبات التربة، وبذلك تذبل النباتات وتستمر في الذبول. وبوصول النباتات إلى هذه الحالة فإنها لا تستطيع استعادة حيويتها مرة أخرى حتى عند وضعها في الظروف المثالية للرطوبة اللازمة لنموها.

تمثل نقطة الذبول الدائم الحد الأدنى للماء الميسر في التربة، وعموماً فقد تعارف العلماء على اعتبار الشد الرطوبي عندها يتراوح بين (10-15) ضغط جوي في الكثير من أنواع الأراضي بصرف النظر عن خواصها الطبيعية أو أنواع النباتات المزروعة فيها.

يعبر مجال الذبول عن الزمن الفاصل بين نقطة الذبول المؤقت ونقطة الذبول الدائم، ويتأثر هذا المجال بنوع النبات ونوع التربة والعوامل المناخية.

1-2-4- النقطة الهيجروسكوبية Hygroscopic point:

هي الرطوبة التي تبقى في التربة بعد التخلص من الماء الشعري وتمثل الماء الملتصق بحبيبات التربة. وتبقى هذه الرطوبة موجودة في التربة عند حالة الجفاف الطبيعي، ولا يمكن التخلص منها إلا بتجفيف التربة مخبرياً بوساطة فرن التجفيف على درجة حرارة (105)م لمدة (24) ساعة، وإذا ما تركت التربة في جو مشبع بالرطوبة فإن هذه الرطوبة ستعود إليها مرة أخرى.

تعد النقطة الهيجروسكوبية حالة توازن بين الرطوبة الجوية والرطوبة الأرضية أيهما أكثر يعطي الآخر مما يسبب تغيراً في الهيجروسكوبية ضمن التربة بحسب الظروف المناخية.

تتراوح قيمة هذا المعامل بين (1 - 3) % في الأراضي الرملية، بينما يتراوح من (7 - 11) % في الأراضي الطينية.

1-5- المكافئ الرطوبي Moisture Equivalent: يعرف بأنه النسبة

المئوية للرطوبة التي تحتفظ بها التربة إذا ما عرضت بعد تشعبها بالماء إلى قوة طرد مركزي قدرها (1000) جاذبية أرضية على الغرام الواحد لمدة نصف ساعة في جهاز طرد مركزي خاص. ترجع أهمية المكافئ الرطوبي إلى كونه شديد الارتباط بالسعة الحقلية، فهو يساوي السعة الحقلية للتربة ذات الحبيبات الدقيقة بصورة تقريبية.

ويوضح الجدول (1-1) النسبة المئوية لحجم كل من حبيبات التربة والماء والهواء عند محتويات رطوبة مختلفة.

جدول (1-1): النسبة المئوية لحجم مكونات التربة عند محتويات رطوبة مختلفة:

حالات تواجد الماء في التربة	حبيبات التربة (%)	الماء (%)	هواء (%)
1- التشبع	50	50	-
2- السعة الحقلية	50	25	25
3- نقطة الذبول الدائم	50	8	42
4- جافة تماماً	50	-	50

• كما يوضح جدول رقم (1-2) العلاقة بين الأنواع المختلفة للأراضي وخواصها الطبيعية وخصوصاً ما يتعلق منها بحالات الرطوبة المختلفة في التربة.

جدول (1-2): العلاقة بين قوام التربة وخواصها الطبيعية عند مستويات رطوبة مختلفة:

نوع التربة	المسامية الكلية %	معدل التسرب مم/ساعة	الكثافة الظاهرية غ/سم ³	السعة الحقلية	الذبول الدائم	الماء الميسر
% من الوزن الجاف للتربة						
رملية	42-32	25-2.5	1.8-1.55	12-6	6-3	6-4
رملية طميية	47-40	7.6-1.3	1.6-1.4	18-10	8-4	10-6
طميية	49-43	2-0.8	1.05-1.53	26-18	12-8	14-10
طينية طميية	51-47	1.5-0.25	1.4-1.3	31-23	15-11	16-12
سلتية طميية	53-49	0.5-0.03	1.53-1.25	35-27	17-13	18-14
طينية	55-51	0.1-0.01	1.3-1.2	39-31	19-15	20-18

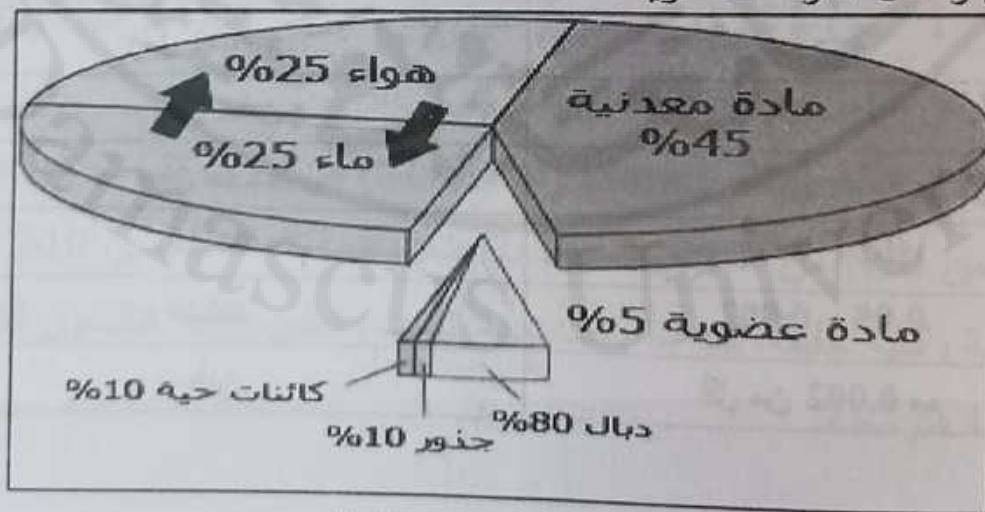
الفصل الثاني

علاقة الماء بالتربة

2-1- تعريف التربة: هي مجموعة من المواد الطبيعية معقدة التركيب والبناء ناتجة عن تحلل الصخور الأم وتفتتها أو عن تحلل المواد العضوية الأرضية أو نتيجة للعاملين معاً. تشكل التربة الطبقة السطحية من القشرة الأرضية، وتتكون التربة من ثلاثة أطوار: الطور الصلب: ويشكل نحو الخمسين بالمائة والباقي فراغات تحتوي الطورين: الغازي والسائل بنسب مختلفة بحسب كمية الماء التي تحتويها التربة (الشكل 2-1). والتربة مستمرة التحلل والتحول طبقاً لتأثير العوامل المناخية والبيئية، وتعد التربة مهذاً لنمو النباتات والعامل الأساسي في الإنتاج الزراعي.

• وتنشأ التربة عن العوامل التالية:

1. الترسيبات المتشكلة في قيعان البحيرات القديمة خلال مئات وآلاف السنين.
2. ترسب المواد المنقولة بالفيضانات على ضفاف الأنهار.
3. حت الطبقات السطحية من الصخرة الأم وتفككها.
4. الحت الريحي وما تنقله الرياح من ذرات الرمل والسلت والطين.
5. تفسخ وتحلل المواد العضوية.



الشكل (2-1): مكونات التربة

2-2- الخواص الطبيعية للأراضي المرتبطة بالري:

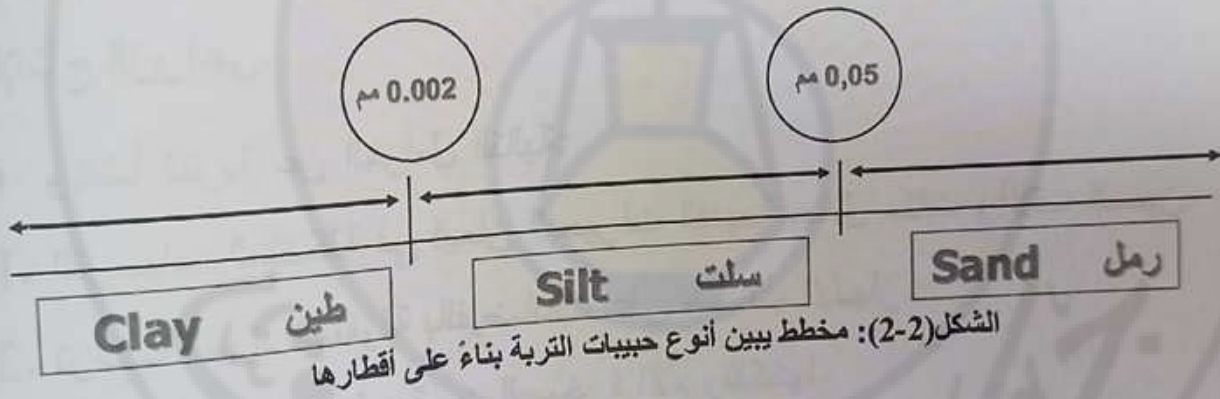
2-2-1- قوام التربة Soil Texture: مصطلح علمي يدل على نسب أحجام

المجموعات المختلفة من الحبيبات الأرضية الفردية المكونة للتربة وهي الرمل والسلت والطين. ولما كانت أحجام هذه الحبيبات متباينة تبايناً واسع النطاق، فإن التربة تسمى وفقاً لأحد العاملين التاليين:

- متوسط تأثير حبيباتها مجتمعة.

- نوع الحبيبات السائد.

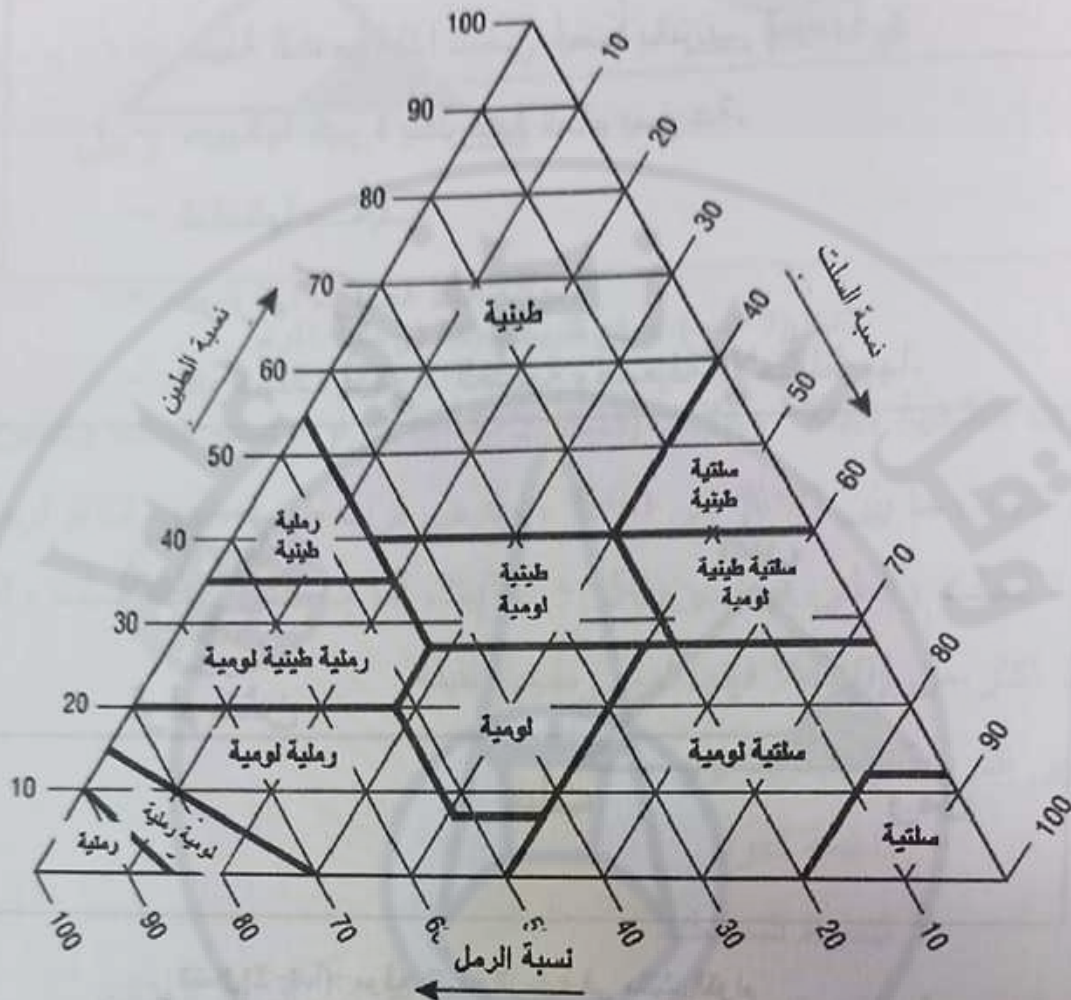
- ويبين الشكل (2-2) مخططاً لأقطار مجموعات حبيبات التربة: الرمل والسلت والطين، كما يبين الجدول (1-2) نوع حبيبات الترب وأقطارها بالتفصيل.



الجدول (1-2): أنواع حبيبات التربة بناءً على قياس أقطارها

نوع حبيبة التربة	قطر حبيبة التربة (مم)
رمل خشن جداً	2 - 1
رمل خشن	1 - 0.5
رمل متوسط	0.5 - 0.25
رمل ناعم	0.1 - 0.05
سلت	0.05 - 0.002
طين	أقل من 0.002 مم

• كما يمكن معرفة قوام التربة بدقة اعتماداً على مثلث القوام المبين في الشكل (2-3) والذي يساعدنا على تحديد نوع التربة بناءً على تحليل نسبة مجاميع كل من الرمل والسلت والطين فيها.



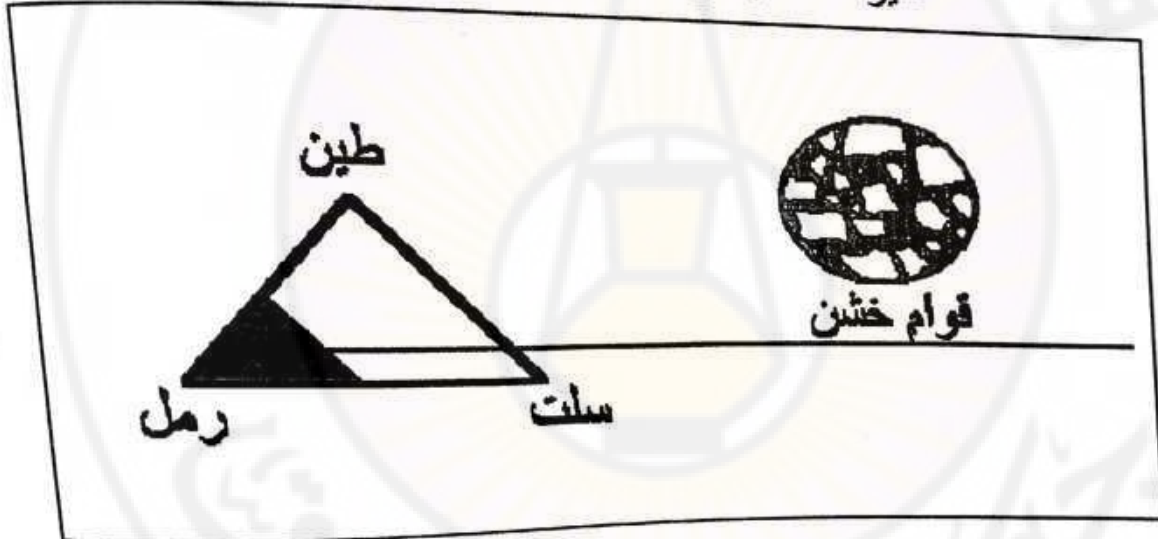
الشكل (2-3): مثلث القوام

2-2-1-1- أنواع الترب بحسب قوامها: تقسم الترب حسب قوامها أي حسب نسبة كل من الرمل والصلت والطين فيها إلى:

(1) التربة الرملية Sandy Soil: (الشكل 2-4، أ) هي التربة التي تحتوي على أقل من 20% من السلت والطين. فإذا بلغت نسبة السلت والطين 10% تكون التربة رملية خفيفة، أما إذا بلغت نسبة السلت والطين 20% فتكون التربة رملية متوسطة.

وتتميز التربة الرملية بما يلي:

- قوامها خشن
- سهولة الخدمة، لذا تسمى أيضاً بالتربة الخفيفة.
- حبيباتها كبيرة ينفذ فيها الماء بسرعة.
- تماسكها ضعيف.
- حرارتها مرتفعة لقلّة مائها.
- فقيرة عادة بالمواد الغذائية وضعيفة الاحتفاظ بها.



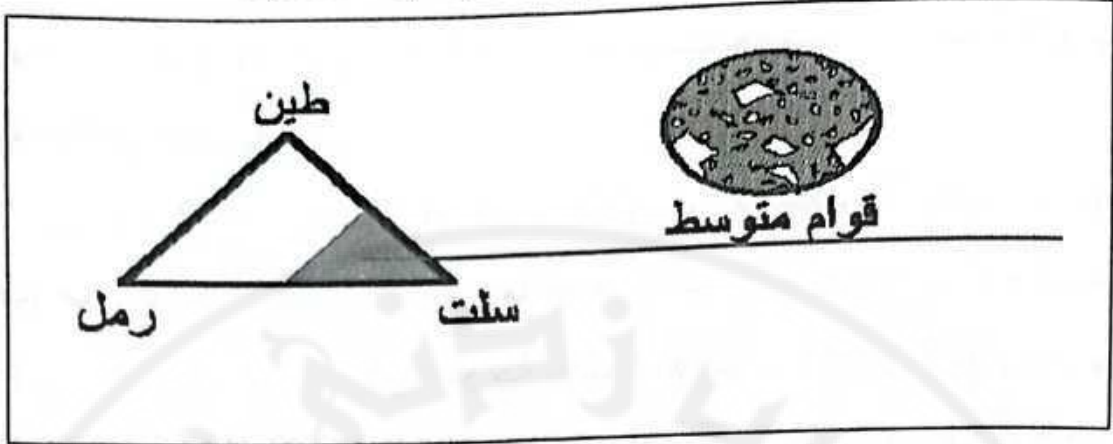
الشكل (2-4، أ): موقع التربة الرملية في مثلث القوام

(2) التربة المتوسطة Silt Soil: (الشكل 2-4، ب) تتراوح نسبة السلت في التربة المتوسطة ما بين 20% إلى 50%، كما يطلق عليها اسم الأراضي الصفراء. تكون هذه التربة صفراء خفيفة إذا تراوحت نسبة السلت والطين ما بين (20 - 30) %، وتكون صفراء ثقيلة إذا تراوحت نسبة السلت والطين ما بين (30 - 50) %.

وتتميز التربة المتوسطة بما يلي:

- قوامها متوسط الخشونة
- حبيباتها دقيقة ومتماسكة.

- تحتفظ بنسبة عالية من الماء والمواد الغذائية.

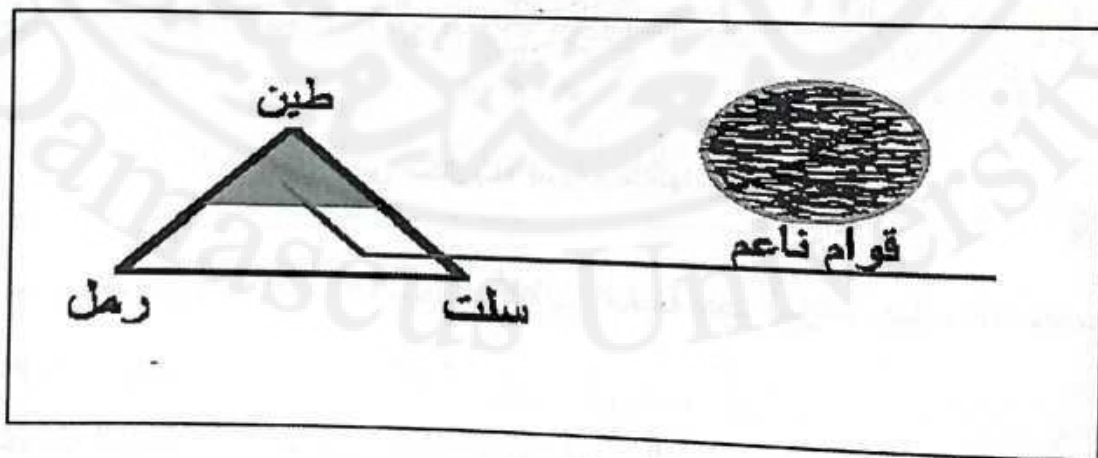


الشكل (2-4، ب): موقع التربة السلتية في مثلث القوام

(3) التربة الطينية Clay Soil: (الشكل 2-4، ج) تتراوح نسبة السلت والطين في هذه التربة ما بين 50% إلى 90% ، وتدعى تربة طينية خفيفة إذا تراوحت نسبة السلت والطين فيها بين (50 - 70) %، أما إذا كانت نسبة السلت والطين فيها أكثر من (80) % فإنها تدعى طينية ثقيلة.

تتميز التربة الطينية بما يلي:

- ناعمة القوام
- شديدة التماسك.
- ذات قدرة عالية على الاحتفاظ بالماء والمواد الغذائية.
- سيئة التهوية



الشكل (2-4، ج): موقع التربة الطينية في مثلث القوام

2-2-2- بناء التربة Soil Structure: يعبر عن درجة تجمع حبيبات التربة مع بعضها وترتيبها، أي أنه نظام ترتيب حبيبات التربة الأولية والثانوية في مجاميع.

إن لبناء التربة أثراً مهماً في تحديد الكثير من الصفات الطبيعية للتربة وخصوصاً التوزيع الحجمي للمسام وما له من تأثير على حركة الماء والهواء في التربة، كما يعكس بناء التربة درجة ثبات الحبيبات والمجاميع وحجمها وشكلها. ويبين الشكل (2-5) أشكالاً مختلفة من بناء التربة. وتتميز التربة الرملية ذات القوام الخشن بأن بناءها فردي أو بمعنى آخر عديمة البناء.



الشكل (2-5): بعض أشكال بناء التربة وعلاقتها مع صرف المياه

- يمكن تحسين بناء التربة باستخدام أساليب معينة عند إجراء عمليات خضمة التربة، يمكن توضيحها بما يلي:
- 1. حرث التربة على أعماق متفاوتة وإلى أسفل الطبقات المندمجة منها.

2. تعريض التربة لأشعة الشمس والهواء بعد الحرث وقبل إعداد البذار وإعطاء رية الزراعة.

3. إعادة بقايا المحاصيل الزراعية للأرض (بقايا المحصول السابق)، وإضافة المادة العضوية، والاهتمام بالتسميد الأخضر.

4. اتباع الدورة الزراعية المناسبة.

5. عدم استخدام الآلات الزراعية الثقيلة في إجراء عمليات خدمة التربة، وذلك نظراً لتأثيرها على دمج طبقات التربة (كبس التربة).

• يؤدي تحسين بناء الترب إلى تحقيق العديد من الفوائد منها :

1. تسهيل تسرب مياه الري وانتقالها داخل قطاع التربة.

2. تسهيل تخلل الهواء داخل التربة.

3. تسهيل اختراق الجذور للتربة مما يساعد على سرعة نموها وانتشارها في التربة.

4. تساعد على زيادة نشاط الأحياء الدقيقة في التربة، مع سرعة تحلل البقايا النباتية وانطلاق العناصر الغذائية وزيادة صلاحيتها واستفادة النباتات المزروعة منها.

2-2-3- كثافة التربة Soil Density: وهي نوعان:

2-2-3-1- الكثافة النسبية الحقيقية: Real specific gravity

وزن وحدة الحجم من حبيبات التربة (بدون فراغات)

الكثافة النسبية الحقيقية = $\frac{\text{وزن وحدة الحجم من الماء عند الدرجة } 4^{\circ}\text{C}}{\text{وزن وحدة الحجم من حبيبات التربة (بدون فراغات)}}$ [g/cm³]

- تبلغ القيمة التقريبية للكثافة الحقيقية لمعظم الأراضي [g/cm³] 2.65

2-2-3-2- الكثافة النسبية الظاهرية: Apparent specific gravity

وزن وحدة الحجم من حبيبات التربة الجافة (مع الفراغات)

الكثافة النسبية الظاهرية = $\frac{\text{وزن وحدة الحجم من حبيبات التربة الجافة (مع الفراغات)}}{\text{وزن وحدة الحجم من الماء عند الدرجة } 4^{\circ}\text{C}}$ $[\text{g/cm}^3]$

وزن التربة (غ)

الكثافة الظاهرية $[\text{g/cm}^3] = \frac{\text{وزن التربة (غ)}}{\text{الحجم الطبيعي للتربة}}$

- وتتراوح قيمتها من $(1 - 1.8) \text{ g/cm}^3$ ، وتختلف تبعاً لقوام التربة وبنائها فهي تزداد بزيادة نسبة المكونات الخشنة في التربة.

2-2-3-3- الكثافة الظاهرية Bulk Density: هي نسبة كتلة المادة الصلبة

من التربة بعد تجفيفها إلى حجمها الكلي بما فيه الفراغات. وتحسب كما يلي:

- وتختلف الكثافة الظاهرية باختلاف حجم مسامات التربة:

في الترب الطينية تساوي إلى $1 - 1.3$

في الترب المتوسطة تساوي $1.1 - 1.4$

في الترب الرملية تساوي $1.2 - 1.6$

- تحديد الكثافة الظاهرية:



الشكل (2-6): صور حقلية لجهاز تحديد الكثافة الظاهرية

2-2-4- المسامية Porosity: تعرف المسامية بأنها النسبة المئوية لحجم الفراغات الموجودة بين حبيبات التربة إلى حجمها الكلي، أي أنها تمثل الجزء الذي يشغله الهواء أو الماء أو كلاهما معاً.

$$\text{المسامية (\%)} = \frac{\text{حجم الفراغات بين حبيبات التربة في العينة}}{\text{الحجم الكلي لعينة التربة}} \times 100$$

• تتراوح المسامية بين (35 - 50) %، وفي حالات خاصة قد تتراوح بين (30-60) %، ويبين الشكل مقارنة بين تربتين منخفضة المسامية وأخرى عالية المسامية.

• ترتبط المسامية ارتباطاً وثيقاً بقوام التربة وبنائها، وتتأثر قيمتها بالعوامل التالية:

- قياس حبيبات التربة وشكلها وتدرجها وترتيبها.
- وجود المواد العضوية وجذور النبات.
- عمق التربة، إذ تنخفض قيمتها في الطبقات السفلى المندمجة.
- تعاقب المحاصيل الحقلية ونظام الدورة الزراعية المتبعة.

• أنواع مسام التربة:

- مسام واسعة: تسمح بمرور الماء والهواء.
- مسام ضيقة: تعيق مرور الماء وتقتصر على حركة الماء في الخاصة الشعرية.

ملاحظة: من الوجهة العلمية ليس المهم النسبة الكلية للمسام بل حجمها والتوازن الذي تحققه بين تهوية التربة من جهة وسهولة حركة الماء وقدرتها على الاحتفاظ به من جهة ثانية.

• حساب المسامية بطرائق أخرى:

الكثافة الحقيقية - الكثافة الظاهرية

$$100 \times \frac{\text{الكثافة الحقيقية}}{\text{الكثافة الظاهرية}} = (\%) \text{ المسامية}$$

الحجم الحقيقي

$$100 \times \frac{\text{الحجم الحقيقي}}{\text{الحجم الظاهري}} - 1 = (\%) \text{ المسامية}$$

2-2-5- السطح النوعي الداخلي للتربة: يعرف السطح النوعي للتربة، بأنه مجموع المساحة السطحية للمادة الصلبة، لكل وحدة كتلة، أو لكل وحدة حجم، من المادة الصلبة نفسها. وتشمل المادة الصلبة للتربة حبيبات المعادن، والمواد العضوية. ويقدر بـ (m^2/g) .

مجموع المساحة السطحية للمادة الصلبة

$$\frac{\text{السطح النوعي للتربة}}{\text{الحجم الظاهري}} = (\text{m}^2/\text{g})$$

الحجم الظاهري

مجموع المساحة السطحية للمادة الصلبة

$$\frac{\text{السطح النوعي للتربة}}{\text{الحجم الظاهري}} = (\text{m}^2/\text{cm}^3)$$

الحجم الظاهري

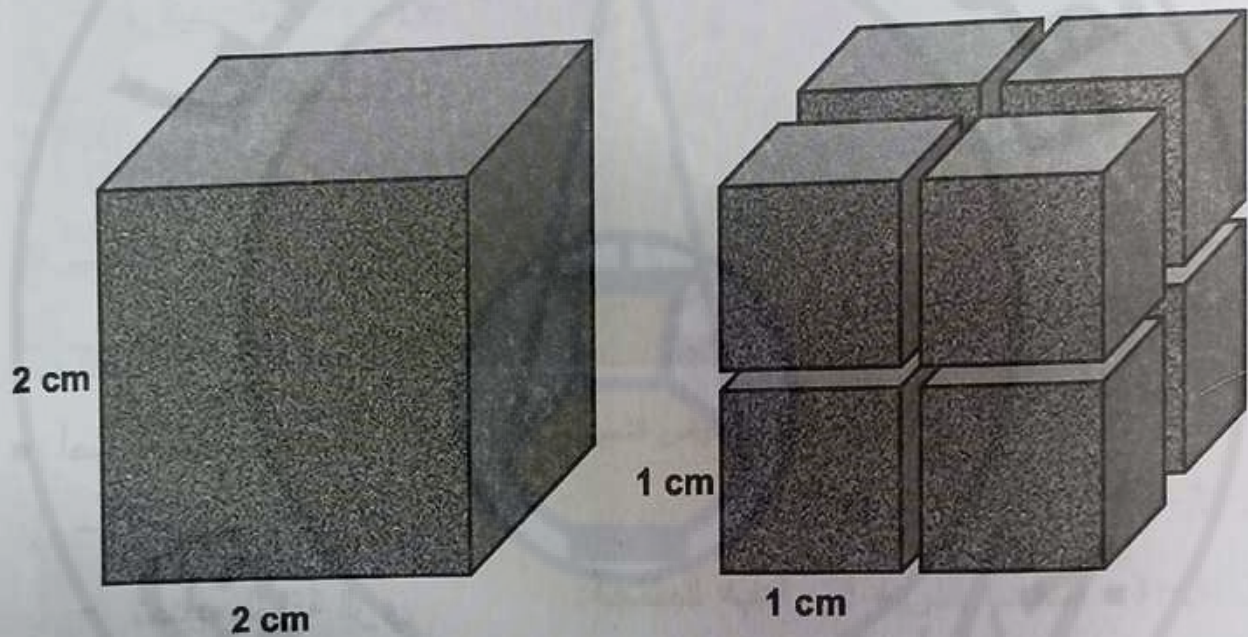
- يعتمد السطح النوعي للتربة على حجم الحبيبات وشكلها، إذ كلما كانت حبيبات التربة أصغر حجماً ازداد السطح النوعي.

• مثال: يبين الشكل (2-7) مكعباً طول ضلعه 2 سم، فتكون مساحته السطحية:

$$(24)\text{cm}^3 = (2)\text{cm} \times (2)\text{cm} \times 6(\text{cm})$$

ولو قُسمَ ذلك المكعب إلى مكعبات أصغر طول ضلع كل منها 1 cm، لأصبح مجموع المساحة السطحية 48 سم²:

$$(24)\text{cm}^3 = \text{مكعبات}(8) \times 6(\text{cm}) \times (1)\text{cm} \times (1)\text{cm}$$



الشكل (2-7): مثال يبين اختلاف السطح النوعي مع صغر حبيبات التربة

لذلك، يكون السطح النوعي في الترب الطينية، ناعمة القوام، أكبر منه في الترب الرملية خشنة القوام

إذاً كلما ازداد السطح النوعي للتربة، كان احتفاظها بالماء أشد

2-2-6- عمق قطاع التربة ومدى تجانسه: يؤثر عمق قطاع التربة وتجانسه تأثيراً كبيراً على طريقة الري المتبعة ونوع المحصول المزروع وطريقة صيانة التربة والمحافظة عليها من التدهور والتعرية.

2-2-7- معدل التسرب: يعرف معدل التسرب بأنه السرعة التي يتخلل بها ماء الري قطاع التربة

• العوامل المؤثرة على معدل التسرب:

- تركيب التربة وبنائها
- الصفات الكيميائية للتربة
- نوعية مياه الري
- توزيع المحتوى الرطوبي ضمن قطاع التربة
- الغطاء النباتي للتربة

• أهمية معدل التسرب:

- تحديد زمن الري
- تحديد طريقة الري
- تحديد أنواع المحاصيل التي يجب زراعتها.
- تحديد المدة الزمنية بين الريات.
- مدى الحاجة إلى الصرف وتحديد نوع الصرف اللازم.

• يتم قياس معدل تسرب المياه في التربة بواسطة جهاز خاص يدعى "أسطوانة التسرب" قد تكون هذه الأسطوانة مفردة أو مزدوجة كتلك المبينة بالشكل (2-8) حيث يحد ملء الماء داخل الأسطوانة الخارجية في بداية التجربة من الحركة الجانبية للمياه وبذلك يتم حساب معدل تسرب المياه داخل الأسطوانة الداخلية حيث يقتصر التسرب فيها على التسرب الشاقولي. وفي حال استخدام

أسطوانة وحيدة يجب وضعها ضمن حوض مشبع بالمياه وذلك للحد من التسرب الأفقي (الجانبى).



الشكل (2-8): جهاز قياس التسرب ذو الحلقة المزدوجة

2-3- التربة الزراعية المنتجة:

2-3-1- صفات التربة الزراعية المنتجة:

- أن تكون عميقة.
- سهولة الحراثة والخدمة والصرف والتهوية
- تحوي عناصر غذائية كافية.
- خالية من المركبات الكيميائية الضارة .

2-3-2- ميزات التربة الزراعية المنتجة:

- سهولة حركة الماء والهواء فيها.
- سهولة نمو جذور النباتات .
- تخزين كمية كافية من المياه بين فترات الري.

الفصل الثالث

نوعية مياه الري Irrigation Water Quality

7- تختلف طرق الحکم على مدى صلاحية المياه تبعاً للغرض المستخدمة من أجله سواء أكان للاستخدام الآدمي للشرب أو للاستخدام الصناعي أو الري، أما مياه الري فقد بدأ الاهتمام بصلاحيتها يتعاظم نتيجة تنوع طرائق توصيل المياه إلى الحقل واستخدام نظم الري الحديثة إضافة إلى التلوث الذي أصاب مياه الأنهار والسواقي بسبب مخلفات المصانع وغيرها ولجوء الإنسان إلى ري محاصيله باستخدام مصادر مائية جديدة مثل المياه الجوفية ومياه الصرف الزراعي ومياه الصرف الصحي والمياه الناتجة عن تحلية ماء البحر.

وتبرز أهمية الحصول على المعلومات الخاصة بنوعية الأملاح الموجودة في مياه الري بسبب التفاعلات الكيميائية التي قد تحدثها عند إضافتها للتربة، علاوة على تأثيرها على الأرض والنبات والمحصول الناتج وبالتالي على العائد الاقتصادي، الأمر الذي جعل دراسة جودة المياه وصلاحيتها للري من الموضوعات الرئيسية الواجب الاهتمام بها عند وضع أراضٍ جديدة تحت نظام الري أو عند استصلاح صفات التربة أو تحسينها لرفع قدرتها الإنتاجية.

يجب أن تتمتع المياه المستخدمة في الري بمواصفات مناسبة متوافقة مع طريقة الري المختلفة من غير أن تؤدي إلى أي ضرر بالتربة أو بالنبات أو بنظام الري، وفي حال كانت مصادر المياه متدنية النوعية وذات مواصفات سيئة فلا بد من العمل أولاً على تحسين نوعية هذه المياه وفي حال تعذر ذلك يجب استبعاد استخدامها في الري.

تشتمل نوعية مياه الري على تركيز الأملاح الكلية وتركيز كل عنصر من العناصر منفردة، والكاتيونات مثل الكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم

والبوتاسيوم، والأنيونات مثل الكلور والكربونات والبيكربونات والكبريتات والنترات، والعناصر الصغرى مثل البورون، و قد تحتوي أيضاً على بعض العناصر الثقيلة.

يختلف نوع الأملاح وتركيزها في مياه الري على حسب مصدر المياه (الأمطار، الأنهار، المياه الجوفية..... و غيرها). وتعد مياه الأمطار أقل مصادر المياه احتواءً على الأملاح، تليها مياه الأنهار ثم المياه الجوفية.

3-1- الخواص المحددة لنوعية مياه الري: هنالك مجموعة من الخواص الفيزيائية والكيميائية الواجب معرفتها لتحديد نوعية المياه وصلاحياتها للري وهي:

3-1-1- الصفات الفيزيائية:

تشتمل الصفات الفيزيائية التي تؤثر على نوعية مياه الري على الحرارة واللون والعكارة والرواسب التي تحتويها هذه المياه. ويمكن إيجازها بما يلي:

3-1-1-1- حرارة المياه Water Temperature: لا تعد حرارة مياه الري مؤشراً ذا أهمية في ري المحاصيل والمزروعات إلا في حالات خاصة عندما تكون مياه الري باردة جداً مما يؤثر سلباً على نمو المحاصيل المروية أو عندما تكون حرارتها مرتفعة مما يسبب ضرراً للمحاصيل المراد ريهها بهذه المياه وهي الحالة الأكثر شيوعاً.

تعمل عادة حرارة التربة والأشعة الشمسية الواردة على تعديل درجة حرارة المياه وخاصة الباردة منها حيث يكون تأثيرها على النمو محدوداً فتبقى لدينا كما ذكر سابقاً مشكلة المياه الحارة وهي المشكلة الأساسية إذ يواجه في العديد من المناطق الزراعية مصادر مائية حارة تسبب أضراراً إذا ما استعملت مباشرة كما هو الحال في جنوب تونس حيث تستخدم المياه الجوفية الحارة في

الري ولكن بعد تمريرها على البيوت البلاستيكية وخاصة شتاءً من أجل الاستفادة منها في تسخين هذه البيوت وتدفئتها مما يؤدي إلى انخفاض جزء من حرارة هذه المياه مما يُمكن من تحويلها بعد ذلك إلى الحقول لريها.

3-1-1-2- اللون: عند أخذ عينات من المياه من أجل تحليلها يجب مراعاة أن تكون العينة المأخوذة رقيقة شفافة، فالماء يعد الماء سائلاً لا لون له على عمق مترين ويصبح بلون أزرق سماوي على عمق ثلاثة أمتار، مما يعني أن تلوّن المياه يعود إلى وجود مادة أو أكثر مما يلي: المواد العضوية المنحلة، الطحالب النامية في المياه والتفاعلات الناتجة عنها، بعض الشوائب المعدنية أو الشوائب المعلقة، مخلفات المصانع ومياه المجاري ومركبات الحديد.

يجب أن تتم إزالة اللون من المياه حتى لو لم يكن لها تأثير ضار في الصحة لأنه يؤدي إلى عدم استساغة الماء للشرب إضافة لما قد تسببه الشوائب المسببة للون من تأثير سيئ في نوعية الإنتاج.

3-1-1-3- العكارة Turbidity: تؤدي العكارة إلى تكدر المياه أي أنها تصبح غير رقيقة وتظهر بسبب وجود بعض المواد العالقة مثل المواد العضوية وبعض الأوساخ والرمل والملت والطين.

في حال الري السطحي قد لا تشكل المواد المسببة للعكارة أية خطورة بل على العكس قد تعمل على زيادة خصوبة التربة وتزويد النباتات ببعض العناصر الغذائية اللازمة للنمو وقد تعمل على تحسين الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة إلا في حال كانت المياه حاملة لكميات كبيرة من الرمل والملت والطين فإن ذلك يعمل على إغلاق المسامات وخفض مسامية التربة كثيراً مما يؤدي إلى انخفاض تهوية التربة ومعدل نفاذيتها.

وتكمن مشكلة العكارة مع نظم الري الحديثة (التنقيط والريذاذ)، إذ تعمل المواد المسببة للعكارة تعمل على إغلاق النقاطات والمرشحات مسببة انخفاضاً في كفاءة تجانس الري.

من الممكن التغلب على مشكلة الماء العكر عن طريق الفلاتر الرملية والمعدنية إضافة إلى أحواض الترسيب للتخفيف من مشكلة المواد الطينية المحمولة مع المياه وترسيبها قبل إيصالها إلى الحقل.

3-1-2- الصفات الكيميائية:

3-1-2-1- حموضة المياه PH: تعد درجة pH مياه الري من أكثر الخواص تأثيراً على النباتات المروية وكذلك على التربة، حيث يعد تقدير رقم pH مياه الري من التقديرات المهمة التي تجري على عينات المياه المرسلة إلى المختبر لما لها من أهمية في تأثيرها على خواص المياه والعناصر الموجودة فيها. وتعرف الحموضة أو رقم الـ PH بأنه اللوغاريتم السالب لتركيز أيون الهيدروجين النشط $[H^+]$ وقد يعبر عن التركيز بالنشاط Activity وعلى ذلك فإن

$$PH = - \log [H^+]$$

وكذلك يعرف أيضاً بأنه لوغاريتم الأساس 10 لمقلوب تركيز أيون الهيدروجين

3-1-2-1- طرائق حساب PH مياه الري: يجب مراعاة أن يتم تقدير حموضة المياه بشكل مباشر وسريع بعد أخذ العينة (خلال ساعتين من جمع العينة) وفي حال كان مكان أخذ العينة بعيداً عن المختبر فيجب أن تُحفظ العينة ضمن درجة 4 م° إلى حين وصولها إلى المختبر حيث يتم تقدير رقم الـ PH أو الحموضة بطريقتين هما:

(1) **الطريقة اللونية:** تستخدم في هذه الطريقة أدلة أو صبغات معينة لها ألوان مختلفة عند درجات الـ PH المختلفة بحسب درجة حموضة مياه الري أو قلويتها. وكذلك يمكن استخدام بكرات من أوراق مشبعة بدليل معين، حيث يقطع جزء من هذه الأوراق ويبال بماء الري المراد قياس الـ PH له ويقارن اللون الناتج بالألوان القياسية الموجودة كدليل لدرجات الـ PH من (3) وحتى (14) على البكرة وبذلك يتم تقدير حموضة مياه الري تقديراً تقريبياً.

(2) **الطريقة الكهربائية:** يتم في هذه الطريقة قياس درجة نشاط أيون الهيدروجين باستخدام جهاز PH meter وذلك عن طريق غمس أقطاب هذا الجهاز في عينة المياه المراد قياس حموضتها.

3-2-1-2- التركيز الكلي للأملاح الذائبة Concentration of total soluble salts: يعد التركيز الكلي للأملاح الذائبة من أهم العوامل المحددة لصلاحية الماء للري فهو يساعد بدرجة كبيرة على التنبؤ بالتأثير الضار لملوحة ماء الري على كل من النبات والتربة إذ تؤثر ملوحة ماء الري على الخواص الطبيعية والكيميائية للتربة خاصةً إذ أن ملوحة محلول التربة زعود غالباً إلى ملوحة مياه الري.

توجد طرائق عدة تمكنا من التعبير عن التركيز الكلي للأملاح الذائبة في ماء الري وهي:

أ. النسبة المئوية (%): هي عبارة عن عدد غرامات الأملاح الذائبة في كل 100 غرام من المحلول.

ب. جزء من المليون (ppm): هو عبارة عن عدد غرامات الأملاح الذائبة في كل مليون غرام من المحلول.

ميلي غرام / ليتر = 1 جزء في المليون

غرام / ليتر = 1000 جزء في المليون

ويبين الجدول (1-3) مدى صلاحية المياه لأغراض الري وفقاً للتركيز الكلي للأملاح الذائبة مقدراً بالجزء من المليون (ppm).

الجدول (1-3): مدى صلاحية المياه لأغراض الري حسب التركيز الكلي للأملاح الذائبة

التركيز الكلي للأملاح الذائبة (ppm)	مدى صلاحية المياه لأغراض الري
160 >	تعتبر المياه صالحة لري جميع المحاصيل وفي جميع أنواع الأراضي
500 - 160	صالحة لري المحاصيل غير الحساسة للملوحة بدرجة شديدة
1000 - 500	صالحة لري المحاصيل غير الحساسة للملوحة بدرجة شديدة مع توفر الصرف الجيد للأراضي المزروعة وإعطاء الأراضي كميات من المياه تسمح بغسيل ما قد يتجمع من الأملاح في منطقة الجذور.
1500 - 1000	يمكن استعمالها في ري الأراضي الرملية جيدة الصرف مع زيادة كمية المياه في كل رية واختيار المحاصيل التي تتحمل الملوحة.
1500 <	لا يفضل استخدامها لأغراض الري. يمكن استخدامها بعد خلطها

ج. وحدات الميلي مكافئ/ليتر (meq./L): يمكن تقدير التركيز الكلي للأملاح في عينة الماء على أنها مجموع تركيز كل من الكاتيونات أو الأنيونات معبراً عنها بعدد الميلي مكافئات في حجم معين من الماء (ليتر)، ويلاحظ أن مجموع مكافئات الكاتيونات لابد وأن يتساوى مع مجموع مكافئات الأنيونات في المحلول إلا أنه من الصعوبة عملياً الوصول إلى هذه الدقة.

- ويمكن حساب التركيز بالجزء في المليون (ppm) بمعرفة عدد ميلي مكافئات في اللتر بواسطة المعادلة التالية:

$$\text{التركيز الكلي للأملاح (ppm)} = \text{أ} + \text{ب} + \text{ج} + \dots$$

حيث:

أ = عدد ميلي مكافئات الأيون (أ) / لتر x وزنه المكافئ

ب = عدد ميلي مكافئات الأيون (ب) / لتر x وزنه المكافئ

ج = عدد ميلي مكافئات (ج) / لتر x وزنه المكافئ

- كذلك يمكن حساب التركيز بالمليمكافئ / لتر أو بالجزء في المليون بواسطة المعادلة التالية:

$$\frac{\text{ppm}}{\text{meq./L}} = 64$$

د. القدرة على التوصيل الكهربائي Electrical conductivity (E_c): يمكننا التعبير بدقة عن التركيز الكلي للأملاح الذائبة في مياه الري بقياس درجة التوصيل الكهربائي للماء (E_c)، ويقوم مبدأ هذه الطريقة على أن مقاومة المحلول المائي للتوصيل الكهربائي تنخفض بزيادة تركيز الأملاح فيه، حيث يعبر عن درجة التوصيل الكهربائي بمقلوب قيمة المقاومة و لما كانت المقاومة تقدر بالأوم (ohm) فإن وحدات التوصيل الكهربائي هي الموه (moh).

$$\frac{1}{\text{المقاومة}} = \text{التوصيل الكهربائي (moh)}$$

- بما أن درجة التوصيل الكهربائي تتوقف على مساحة الأقطاب والمسافة بينهما (سم) وعلى درجة حرارة المحلول، لذلك يجب تعيين درجة التوصيل الكهربائي للمحلول تحت القيم السابقة نفسها أو تعديلها لتكون قيم EC معبراً عنها بالميلليوموز/سم (mmhos/cm) في درجة حرارة 25°م أو بالميكروموز/سم (Micromhos/cm).

$$1 \text{ ملليوموز/سم} = 1000 \text{ ميكروموز/سم} = 640 \text{ جزء في المليون (ppm)}$$

$$\text{Micromhos/cm} = \text{EC} \times 10^4$$

- كما توجد علاقة بين درجة التوصيل الكهربائي (EC) ودرجة التركيز بالملييكافى/ليتر والجزء في المليون (ppm) كما يلي:

$$\text{meq./L} = \text{EC} \times 10^4$$

$$\frac{\text{EC} \times 10^6}{\text{meq./L}} = 100$$

$$\text{ppm} = \text{EC} \times 10^6 \times 0.64$$

$$\frac{\text{ppm}}{\text{meq./L}} = 64$$

3-2-1-3- النسبة المئوية للصوديوم (SP) Sodium Percentage:

تحتوي المياه على تراكيز مختلفة من العناصر المعدنية مثل الكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والمنغنيزيوم ويعد الصوديوم أكثرها خطورة، حيث

تؤدي زيادة نسبة الصوديوم بالنسبة لباقي العناصر إلى زيادة احتمال تعرض التربة والنبات لخطر القلوية.

• **تأثير الصوديوم:** يلعب الصوديوم دوراً رئيساً في تحديد نوعية مياه الري نظراً لتأثيره الكبير على التربة والنباتات معاً. وتكمن المشكلة الحقيقية في تقدير خطر الصوديوم في تحديد الأسس التي يجب أن يركز عليها تصنيف مياه الري بحسب تركيزه فيها، حيث توجد مصطلحات للتعبير عن وجود الصوديوم في الماء منها النسبة المئوية للصوديوم المنحل **Soluble Sodium Percentage (SSP)** ونسبة ادمصاص الصوديوم **(SAR)** والنسبة المئوية للصوديوم القابل للتبادل **(ESP)**. فبالإرتكاز على مفهوم **SSP**، فإن الماء الذي تصل قيمة **SSP** فيه إلى 60% ضار، وفي عام 1948 رفع هذا الحد إلى 80% وذلك تحت الشروط التي يكون فيه مجمل منسوب الأملاح في ماء الري أقل من $(10 \text{ meq.}\backslash\text{L})$.

○ توجد هناك علاقة بين تركيز الصوديوم وتركيز الأملاح الكلية في مياه الري.

○ تظهر سمية الصوديوم على الأشجار المثمرة عندما تبدأ بامتصاص الصوديوم مع الماء وزيادة تركيزه في الأوراق مما يؤدي إلى احتراق الأوراق وظهور بقع جافة في الورقة وبخاصة على أطراف الورقة.

○ يمكن للكالسيوم أن يحد من تأثير الصوديوم وخاصة إذا كان أساس التحديد هو قيمة **SAR**.

○ يمكن حساب النسبة المئوية للصوديوم **(SP)** من المعادلة التالية:

$$SP = \frac{Na(\text{meq.}\backslash\text{L})}{Ca + Mg + K + Na(\text{meq.}\backslash\text{L})} \cdot 100$$

3-1-2-4- نسبة ادمصاص الصوديوم Sodium Absorption Ratio (SAR)

ونسبة ادمصاص الصوديوم المعدلة (SAR_{adj}): يعد الصوديوم الكاتيون الأكثر من بين الكاتيونات ذا التأثير الضار على التربة. فإذا وجد في التربة على صورته قابلة للتبادل وحتى بتركيز منخفض بالنسبة إلى بقية الكاتيونات فإنه يسبب تغيرات فيزيائية وكيميائية ضارة بالتربة والنبات المزروع لأنه يجعل التربة الرطبة منخفضة النفوذية للماء ولل هواء على حد سواء فتصبح صلبة قاسية عند جفافها بصورة يصعب حراستها مع تشكل قشور كثيفة تعيق الإنبات ونمو البادرة.

ويمكن تحديد أسباب مشكلة انخفاض نفاذية التربة إلى خصائص بعض مكونات مياه الري وهي:

1- انخفاض محتوى المياه من الكالسيوم والمغنسيوم.

2- ارتفاع محتواها من الصوديوم.

3- انخفاض التوصيل الكهربائي عن 0.5 ملليموز/سم

4- وجود الكربونات والبيكربونات بنسب معينة.

حيث تعمل المياه المنخفضة الملوحة على:

1- استنزاف الترب السطحية من المعادن سهلة الذوبان والأملاح الذوابة.

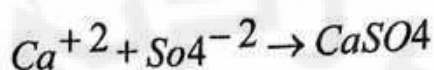
2- إذابة مصادر الكالسيوم كافة وبسرعة من التربة السطحية وتهدمها.

3- بعثرة التربة وانغلاق المسام وهذا يسبب انخفاض درجة نفاذية الماء.

ومما سبق يمكن أن نقيم مشكلة نفاذية التربة المتعلقة بزيادة الصوديوم أو نقص الكالسيوم باستخدام مفهوم يدعى نسبة ادمصاص الصوديوم التي تعطى بالمعادلة:

$$SAR = \frac{Na(meq./L)}{\sqrt{\frac{Ca + Mg(meq./L)}{2}}}$$

تعتمد المعادلة السابقة على تراكيز الأيونات و ليس على نشاطها وكذلك فهي لم تضع في الاعتبار النقص في تركيز أو نشاط الأيونات الحرة نتيجة لتكوين الأزواج الأيونية (Ion pair)، وهي أن بعض الأيونات الحرة في المحلول تتفاعل مع أيونات أخرى ذات شحنة مضادة مكونة أزواجاً أيونية ذائبة و قد تكون متعادلة أو حاملة لشحنة، و مثال ذلك:



حيث تقل هذه الأيونات المزدوجة من تركيز الأيونات الحرة ونشاطها.

• نسبة ادمصاص الصوديوم المعدلة (Adjusted Sodium (SAR_{adj}

Absorption Ratio: ظهر مفهوم معدل عن نسبة ادمصاص الصوديوم يدعى بنسبة ادمصاص الصوديوم المعدلة (SAR_{adj}) عمل على استخدام مفهوم الـ (SAR) السابق إضافة إلى مفهوم كربونات الصوديوم المتبقية الذي يعبر عن ما تبقى من كربونات و بيكربونات بعد إزالة ما يكافئها من الكالسيوم والمغنسيوم.

أي أن مفهوم (SAR_{adj}) قد أضاف إلى مفهوم (SAR) تأثير الكربونات والبيكربونات من خلال قيم نظرية وحسابية لقيمة درجة الحموضة المعدلة (PH_c) التي تقيّم مقدرة ماء الري على إذابة الجير من التربة وزيادة الكالسيوم الذائب أو الميل لترسيب الجير وإنقاص الكالسيوم الذائب.

ويتم حساب قيمة (SAR_{adj}) من المعادلة التالية:

$$SAR_{adj} = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} [1 + (8.4 - PH_c)]$$

حيث:

PH_c : درجة الحموضة المعدلة وهي قيمة تركيز أيون الهيدروجين النظرية للماء عند تلامسه مع حبيبات الجزء الصلب في التربة، وهي تساوي مجموع القيم المعطاة بالمعادلة التالية:

$$PH_c = (P^{k2} - P^{kc}) + P^{(Ca+Mg)} + P^{(ALk)}$$

حيث:

$P^{k2} - P^{kc}$ (meq./L): مجموع تراكيز أيونات الكالسيوم والالمغنسيوم والصوديوم.

$P^{(Ca+Mg)}$ (meq./L): مجموع تراكيز أيونات الكالسيوم والالمغنسيوم.

$P^{(ALK)}$ (meq./L): مجموع تراكيز أيونات الكربونات والبيكربونات.

• والجدير بالذكر أنه إذا كانت قيمة $(PH_c - 8.4) < 0$ صفر في مياه الري فإن كربونات الكالسيوم سوف تترسب في التربة عند إضافة ماء الري. أما إذا كانت قيمة $(PH_c - 8.4) > 0$ الصفر فإن إضافة مياه الري سوف تؤدي إلى ذوبان كربونات الكالسيوم في التربة.

• يمكن تقدير الحموضة المعدلة (PH_c) (meq./L) من الجدول (2-3) بناءً على قيمة التركيز الكلي للأملاح مقدرة بـ (meq./L)

الجدول (2-3): العلاقة بين قيم التركيز الكلي للأملاح (meq./L) وتركيز أيونات الكالسيوم والمغنيزيوم والصوديوم والكربونات والبيكربونات (meq./L)

التركيز الكلي للأملاح (meq./L)	$P^{k2} - P^{kc}$	$P^{(Ca+Mg)}$	$P^{(ALK)}$
0.05	2	4.6	4.3
0.10	2	4.3	4.0
0.15	2	4.1	3.8
0.20	2	4.0	3.7
0.30	2	3.8	3.5
0.40	2	3.7	3.4
0.50	2.1	3.6	3.3
0.75	2.1	3.4	3.1
1.0	2.1	3.3	3.0
2.0	2.2	3.0	2.7
4.0	2.2	2.7	2.4
6.0	2.2	2.5	2.2
8.0	2.3	2.4	2.1
10	2.3	2.3	2.0
15	2.3	2.1	1.8
20	2.4	2.0	1.7
25	2.4	1.9	1.6
30	2.4	1.8	1.5
35	2.4	1.8	1.5
40	2.4	1.7	1.4
50	2.5	1.6	1.3
80	2.5	1.4	1.1

3-1-2-5- النسبة المئوية للصوديوم القابل للتبادل Exchangeable Sodium Percentage (ESP): تعبر هذه النسبة عن كمية الصوديوم المحتمل أن تدمص بالتبادل على معقد التربة المتزن مع ماء الري وغالباً ما يحل محل الكالسيوم أو المغنسيوم وتحسب هذه النسبة من المعادلة الآتية:

$$ESP = \frac{NaX}{CEC} \cdot 100$$

حيث:

NaX: تركيز الصوديوم على مركب التبادل بالتربة.

CEC: السعة التبادلية الكاتيونية للتربة Cations exchangeable capacity.

ومن المعروف أنه في المناطق الجافة تكون الكاتيونات السائدة في محلول التربة

على مركب التبادل هي (Na, Ca, Mg) وهي تمثل السعة التبادلية الكاتيونية

للتربة (CEC):

$$CEC = NaX + CaX + MgX$$

• يوضح الجدول (3-3) التالي درجة تحمل بعض المحاصيل لأيون الصوديوم

بحسب نسبته القابلة للتبادل

الجدول (3-3): درجة حساسية بعض المحاصيل لأيون الصوديوم حسب نسبته القابلة للتبادل (ESP)

نوع المحصول	(ESP)	درجة تحمل Na^+
الأشجار ذات النواة الحجرية، الحمضيات، الأفوكادو	10 - 2	حساسية جداً
الفول، الفاصولياء، اللوبياء	20 - 10	حساسية
البرسيم، الشوفان، الأرز	40 - 20	متوسطة
القمح، القطن، البرسيم الحجازي، الشعير.	60 - 40	عالية
بعض أنواع الأعشاب.	60 <	عالية جداً

3-1-2-6 تركيز الكربونات والبيكربونات Carbonate and Bicarbonate Concentration

• تأثير الكربونات والبيكربونات:

- على النبات: تؤثر الكربونات والبيكربونات بصورة مباشرة على النباتات عند زيادة تركيزها عن حد معين إذ تصبح ذات تأثير سام.
- على التربة: تؤثر الكربونات والبيكربونات على التربة بصورة غير مباشرة

ويتعلق خطرهما بشكل رئيسي بنوع التربة، فقد وجد أنه ليس لها تأثير يذكر

على الأراضي الحامضية أو الأراضي الجبسية بينما يكمن الخطر الحقيقي في الأراضي الكلسية أو الأراضي التي تميل إلى القلوية.

ففي حالة ازدياد تركيز المحلول الأرضي بسبب فقدان الماء بالتبخر أو لامتصاصه بواسطة النباتات وزيادة تركيز البيكربونات في الماء عن تركيز الكالسيوم والمغنسيوم فإن كربونات الكالسيوم وكربونات المغنسيوم سوف تترسب أما ما تبقى من البيكربونات فسيترسب مع الصوديوم مكوناً كربونات الصوديوم الضارة والمسؤولة عن تحول الأرض إلى قلوية. لذلك يجب أخذ تركيز البيكربونات بعين الاعتبار ومعرفة نسبتها بالنسبة للكالسيوم والالمغنسيوم، الأمر الذي يمكن التعبير عنه بما يسمى كربونات الصوديوم

المتبقية Residual Sodium Carbonate (RSC)

- كربونات الصوديوم المتبقية Residual Sodium Carbonate (RSC): وتعطى بالعلاقة التالية:

$$RSC = (CO_3^{--} + HCO_3^{-}) (Ca^{++} + Mg^{++})$$

ويبين الجدول (3-4) التالي تقسيم مياه الري تبعاً لكربونات الصوديوم المتبقية (RSC):

الجدول (3-4): صلاحية مياه الري حسب كمية كربونات الصوديوم المتبقية:

مدى صلاحية المياه لأغراض الري	كربونات الصوديوم المتبقية RSC (meq./L)
مياه صالحة للري	$1.5 >$
مياه محدودة الصلاحية للري	$1.5 - 2.5$
مياه غير صالحة للري	$2.5 <$

3-1-2-7- تركيز الكلور والكبريتات Chloride and Sulfate

Concentration: تسود في المياه المتوسطة أو المرتفعة الملوحة عادة كلوريدات وكبريتات الصوديوم والامغنسيوم.

• تأثير الكلور والكبريتات:

- **تأثير الكلور:** يؤدي وجود الكلور بتركيز مرتفعة إلى تملح الأرض بدرجة أكبر من أملاح الكبريتات لأنها ذات انحلالية أكبر من أملاح الكبريتات. كذلك فإن للكلور أثراً سميّاً عند امتصاص النباتات له يتمثل في احتراق للأوراق كما في أشجار الخوخ وباقي المحاصيل ذات النواة الحجرية والحمضيات والعنب.

- **تأثير الكبريتات:** يؤدي ارتفاع تركيز الكبريتات إلى ترسيب للكالسيوم في صورة كبريتات كالسيوم في محلول التربة مما يؤدي إلى زيادة نسبة عنصر الصوديوم الذائب وامتصاصه وبالتالي عدم حدوث توازن فيزيولوجي في نسبة العناصر الممتصة مما يسبب تأثيراً ضاراً للنبات.

وفي حال تساوي تركيز كل من أيونات الكلور والكبريتات فإن التأثير الضار الذي يسببه أيون الكبريتات يساوي عادة نصف التأثير الضار الذي يسببه أيون الكلور.

3-1-2-8- **المغنسيوم (Mg):** تعد نسبة المغنسيوم من أهم المقاييس الواجب قياسها لتقدير صلاحية مياه الري ويمكن تقدير هذه النسبة باستخدام المعادلة التالية:

$$\text{Magnesium Ratio} = \frac{\text{Mg}}{\text{Ca} + \text{Mg}} \cdot 100$$

حيث:

Mg: تركيز المغنسيوم.

Ca: تركيز الكالسيوم.

ويظهر التأثير الضار للمغنسيوم عندما تزيد نسبته في المعادلة السابقة عن 50%.

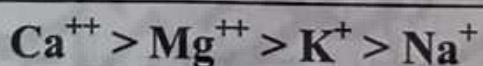
3-1-2-9- الكالسيوم (Ca) Calcium: يجب عدم استخدام مياه الري التي تزيد نسبة الكالسيوم فيها على (10) ملليمكافئ/ليتر.

وقد وجد أن التوصيل الهيدروليكي للتربة أو النفاذية وكذلك درجة التجمع تقل عند ارتفاع نسبة Mg/Ca في مياه الري، ويظهر ذلك بدرجة أكبر في حالة الأراضي الثقيلة أو الطينية ومما تجدر الإشارة إليه أن امتصاص المغنسيوم على معقد التربة يحدث عند نسبة معينة من Mg/Ca.

3-1-2-10- البوتاسيوم والنترات Potassium (K⁺) and Nitrate

(NO₃⁻): توجد أيونات البوتاسيوم والنترات في مياه الري بتركيز منخفض جداً لذا فإنه يمكن إهمال تأثيرها على نوعية مياه الري. إلا أن المياه الجوفية في المناطق الجافة تحتوي على كميات لا بأس بها من النترات والبوتاسيوم التي يعد وجودها في مياه الري ذا فائدة لنمو النبات، لذلك يجب أن يؤخذ تأثيرها الإيجابي في الحسبان عند تحديد صلاحية مياه الري.

• يأخذ الادمصاص النسبي للكاتيونات تحت ظروف متماثلة من تركيز الملح ونوع التربة الترتيب التالي:



نستنتج من الترتيب السابق أن انخفاض تركيز البوتاسيوم بمقدار (20-10)% عن تركيز الصوديوم في مياه الري يعني أن البوتاسيوم يمتص بدرجة أكبر من الصوديوم. ويرجع هذا لزيادة القدرة الادمصاصية للبوتاسيوم بالنسبة للصوديوم. ويمكن أن نستخلص من ذلك أن وجود البوتاسيوم بتركيز منخفض في مياه الري يساعد على خفض نسبة الصوديوم المدمص على معقد التربة.

3-1-2-11- البورون (B) Boron: يسبب البورون أضراراً بالغة للنباتات النامية إذا زاد تركيزه في مياه الري على حدود معينة. يستخدم البورون عادة كأحد الأسس المهمة لتقييم مدى صلاحية المياه للري. يبين الجدول (3-5) درجة تحمل المحاصيل النباتية المختلفة لتركيز أيون البورون (ميلي غرام/ليتر) في مياه الري.

الجدول (3-5): درجة تحمل المحاصيل النباتية المختلفة لتركيز أيون البورون

أنواع المحاصيل	تركيز البورون (ميلي غرام/ليتر)	درجة التحمل
الإجاص - التفاح - الخوخ - العنب - الحمضيات - المشمش - الجوز - البيكان - أفوكادو.	0.3 - 1	حساسة
عباد الشمس - القطن - القمح - الذرة - الشعير - الزيتون - البندورة - البطاطا - الفليفلة - الفاصوليا	1 - 2	متوسطة الحساسية
البرسيم الحجازي - الفول - نخيل البلح - البصل - الخس - الجزر	2 - 4	عالية التحمل

3-1-2-12- العناصر الصغرى والثقيلة Micro and Heavy metals: بدأ الاهتمام بدراسة محتوى المياه من بعض العناصر الثقيلة نتيجة للتوسع في استخدام مياه المصارف والصرف الصحي كمصدر لمياه الري وهناك بعض العناصر الصغرى والثقيلة مثل النحاس، الزنك، الرصاص، النيكل، الزئبق، الكاديوم، والتي يؤدي تراكمها إلى حدوث أضرار بالغة بالإنسان والنبات والحيوان. يبين الجدول (3-6) أقصى تركيز للعناصر الغذائية الصغرى والثقيلة في مياه الري (ملليغرام/ليتر):

الجدول (3-6): أقصى تركيز للعناصر المغذية الصغرى والثقيلة في مياه الري:

العنصر	التركيز (مليغرام/ليتر)	العنصر	التركيز (مليغرام/ليتر)
النحاس	0.2	البيريليوم	0.1
الحديد	0.5	الكروم	0.1
المنغنيز	0.2	الكوبالت	0.05
الزنك	3.0	الرصاص	5.0
الموليبيديوم	0.01	الليثيوم	2.5
الفلور	1.0	النيكل	0.2
الألمنيوم	5.0	السيلينيوم	0.02
الزرنيخ	0.1	الفاناديوم	0.1
الكادميوم	0.1		

3-1-2-13- المواد الصلبة العالقة (SS) Solid Substances: أصبح من

الضرورة تقدير المواد الصلبة العالقة في مياه الري خصوصاً بعد تطور نظم الري وتطبيق أنظمة الري الحديث كالري بالرذاذ والري بالتنقيط إذ أنها تؤثر كثيراً في تشغيل هذه النظم وأدائها، كما أنها قد تترسب على أسطح الأوراق وتسبب أضراراً لها مما يؤثر على كفاءة عملية التركيب الضوئي.

- نتيجة لتطور نظم الري واستخدام أساليب حديثة في الري مثل الري بالرش و التنقيط أصبح من الضروري جداً معرفة المواد الصلبة العالقة بمياه الري لأنها تؤثر بدرجة كبيرة في تشغيل هذه النظم كما أنها قد تترسب على أسطح الأوراق وتسبب أضراراً لها مما يؤثر على كفاءة عملية التركيب الضوئي.

3-2- تقسيم مياه الري تبعاً لنوعيتها Irrigation Water Classification:

توجد العديد من التقسيمات التي تحدد مدى صلاحية المياه للري، وتختلف هذه التقسيمات فيما بينها بحسب الأسس التي تعتمد عليها، وفيما يلي بعض أنواع التقسيمات:

3-2-1- تقسيم كيلي Killey Classification: يعتمد هذا التقسيم في تحديد

صلاحية مياه الري على النسبة المئوية للصوديوم (SSP) Soluble Sodium percentage حيث إنه في حالة زيادة هذه النسبة على الواحد الصحيح فإن ذلك يدل على بدء تكوين القلوية. ولقد قسمت مياه الري إلى ثلاث درجات تبعاً لقيمة (SSP) كما يبين الجدول (7-3) التالي:

الجدول (7-3): صلاحية المياه لأغراض الري حسب تقسيم كيلي Killey:

الدرجة	الوصف
النسبة المئوية للصوديوم (SP) (%)	صلاحية المياه لأغراض الري حسب تقسيم كيلي Killey
%60	مياه صالحة لأغراض الري بالنسبة لجميع أنواع التربة والمحاصيل
%70 - 60	مياه متوسطة الصلاحية لأغراض الري حسب نوع التربة
%70 <	مياه غير صالحة لأغراض الري من أجل معظم الأراضي والمحاصيل

3-2-2- تقسيم شابمان Champmam Classification: يعتمد هذا التقسيم في تحديد صلاحية مياه الري على الأسس التالية:

- درجة التوصيل الكهربائي (EC) بالميكروموز/سم (Micromhos/cm).
- النسبة المئوية للصوديوم الذائب (SSP) (%).
- تركيز الكلور (Cl) بالجزء من المليون (ppm).
- تركيز البورون (B) بالجزء من المليون (ppm).

ويمكن توضيح تقسيم Chapmam طبقاً للأسس السابقة في الجدول (8-3) التالي:

الجدول (8-3): صلاحية المياه لأغراض الري حسب تقسيم شابهان Chapman:

البورون (ppm)	الكلور (ppm)	(SP) (%)	التوصيل الكهربائي (EC) (micromohs/cm)	صلاحية مياه الري حسب Champman
0.5 >	75 >	60 >	750 >	صالحة للري
2-0.5	245-75	70-60	3000-750	متوسطة الصلاحية للري
2 <	245 <	70 <	3000 <	غير صالحة للري

3-2-3- تقسيم درجني Deregne classification: يتم تقسيم مياه الري بحسب تقسيم درجني في المناطق التي تستخدم مياه الآبار كمصدر للري على أساس قيم درجة التوصيل الكهربائي (EC) بالميكروموز/سم (micromohs/cm)، و كربونات الصوديوم المتبقية (RSC) بالميلليمكافئ/لتر (meq./L)، كما هو موضح في الجدول (9-3) التالي:

الجدول (9-3): صلاحية المياه لأغراض الري حسب تقسيم درجني Deregne:

كربونات الصوديوم المتبقية (meq./L) (RSC)	درجة التوصيل الكهربائي (EC) (micromohs/cm)	صلاحية المياه لأغراض الري حسب تقسيم درجني Deregne
60 >	750 >	صالحة للري
70 - 60	3000 - 750	متوسطة الصلاحية للري
70 <	3000 <	غير صالحة للري

3-2-4- تقسيم ديوراند Durand classification: يعتمد هذا التقسيم على تركيز الأملاح معبراً عنها بدرجة التوصيل الكهربائي (EC) بالمليموز/سم

(mmhos/cm)، حيث تقسم المياه إلى ثلاث درجات من ناحية مدى صلاحيتها للري كما هو موضح في الجدول (3-10):

الجدول (3-10): نوعية مياه الري حسب تقسيم ديوراند Durand:

تركيز الأملاح على أساس درجة التوصيل الكهربائي (EC) (mmhos/cm)	رتبة المياه	نوعية مياه الري حسب تقسيم ديوراند Durand
$4 >$	C ₁	عادية
$10 - 4$	C ₂	متوسطة الملوحة
$10 <$	C ₃	عالية الملوحة

3-2-5- التقسيم الروسي لتحديد مدى صلاحية المياه للري: فيما يلي يبين الجدول (3-11) التقسيم الروسي المحدد لصلاحية مياه الري.

الجدول (3-11): التقسيم الروسي لنوعية مياه الري:

مدى صلاحية المياه للاستخدام	تركيز الأملاح (ملليجرام/لتر)	رتبة المياه	نوعية المياه (تقسيم روسي)
تعد أفضل نوعية مياه، ويمكن استخدامها في ري جميع النباتات وفي جميع الأراضي، مع إضافة احتياجات الضخيل المناسبة ووجود نظام جيد للصرف، وخصوصاً عند زراعة النباتات الحساسة للملوحة.	0.5 - 0.2	C ₁	منخفضة الملوحة
لا تسبب هذه المياه أي مشاكل للملوحة خاصة عند وجود نظام صرف جيد مع إضافة احتياجات الضخيل المناسبة واختيار النباتات المقاومة أو متوسطة المقاومة للملوحة.	2 - 1	C ₂	متوسطة الملوحة
تستخدم في حالة النباتات المقاومة للملوحة فقط مع إضافة احتياجات الضخيل ووجود نظام صرف جيد.	7 - 3	C ₃	عالية الملوحة

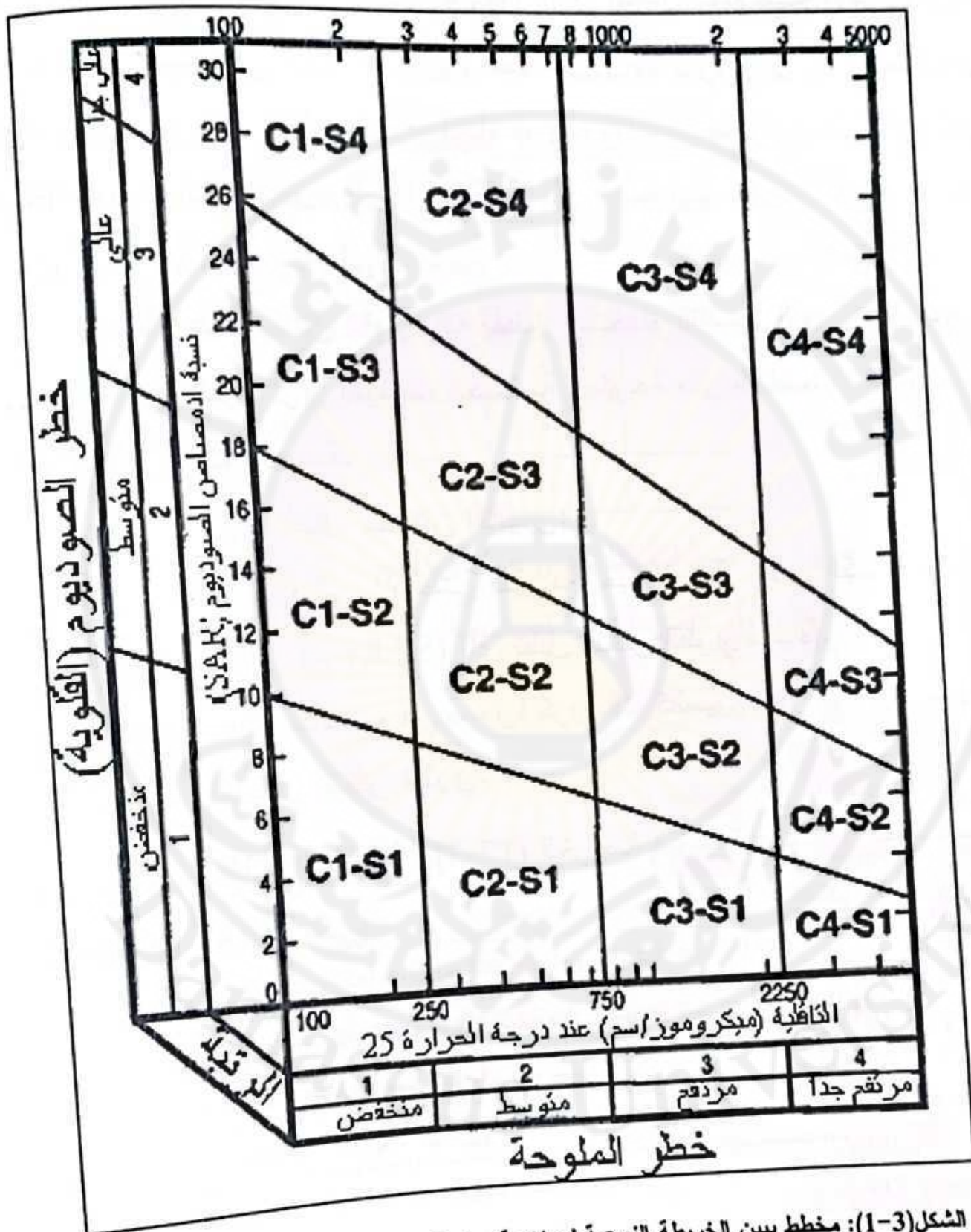
3-2-6- الخريطة النوعية لصلاحية مياه الري (معمل الملوحة الأمريكي):
يعتمد هذا التقسيم على نسبة الصوديوم المدمص (SAR) ويرمز لها بالرمز (S)، وهي تعبر عن التأثير القلوي لمياه الري وكذلك درجة التوصيل الكهربائي (EC). وتقسم قيم كل من (SAR) و (EC) إلى أربعة مستويات S_4, S_3, S_2 و C_4, C_3, C_2, C_1 على الترتيب.

وبصفة عامة يمكن القول: إنه يفضل استخدام التقسيم الأمريكي لتحديد مدى صلاحية المياه لري النباتات الحساسة للملوحة مثل محاصيل الخضر تحت ظروف الزراعات المحمية.

إلا أن هذا التقسيم قد أغفل النقطتين التاليتين:

- تأثير إضافة المياه إلى الأراضي الجيرية، حيث يذوب بعض الكالسيوم مما يؤدي إلى خفض قيم (SAR) (أي تقليل التأثير القلوي للمياه).
- احتمال ترسيب الكالسيوم في صورة كربونات كالسيوم $CaCO_3$ مما يؤدي إلى زيادة أضرار التأثير القلوي.

ويوضح الشكل (1-3) و الجدول (3-12) الخريطة النوعية لصلاحية المياه للري (معمل الملوحة الأمريكي):



الشكل (1-3): مخطط بيّن الخريطة النوعية لصلاحية مياه الري بحسب معمل الملوحة الأمريكي

الجدول (3-12): الخريطة النوعية لتحديد مدى صلاحية مياه الري (معمل الملوحة الأمريكي) عند درجة حرارة 25°م

ضرر القلوية	(SAR)	صلاحية المياه للاستخدام	ضرر الأملاح	(EC)* (ميكروموز/سم)
منخفض	10 - 0	S ₁	منخفض	Class 1 (C ₁) 250 >
متوسط	18 - 10	S ₂		
مرتفع	26 - 18	S ₃		
مرتفع جداً	30 - 26	S ₄		
منخفض	10 - 0	S ₁	متوسط	Class 2 (C ₂) 750-250
متوسط	18 - 10	S ₂		
مرتفع	26 - 18	S ₃		
مرتفع جداً	30 - 26	S ₄		
منخفض	10 - 0	S ₁	شديد	Class 3 (C ₃) 2250-750
متوسط	18 - 10	S ₂		
مرتفع	26 - 18	S ₃		
مرتفع جداً	30 - 26	S ₄		
منخفض	10 - 0	S ₁	شديد جداً	Class 4 (C ₄) 2250 <
متوسط	18 - 10	S ₂		
مرتفع	26 - 18	S ₃		
مرتفع جداً	30 - 26	S ₄		

3-2-7- تقسيم فان هورن (1971) Van Hoorn classification: يقوم أساس هذا التقسيم على تركيز الأملاح في الماء معبراً عنها بدرجة التوصيل الكهربائي (EC) بالمليموز/سم (mmhos/cm)، أو بالغرام/لتر (gr/L). وقد تم تقسيم مياه الري وفقاً لتقسيم فان هورن إلى أربع رتب هي C_1, C_2, C_3, C_4 موضحة بالجدول (13-3).

والجدير بالإشارة إليه أن هذا التقسيم قد وضع لتقييم مدى صلاحية المياه للري في الأراضي الرملية الصحراوية في المناطق الجافة وشبه الجافة، حيث لا تتعرض هذه الأراضي عادة لمشاكل القلوية على عكس الحال في الأراضي الطينية. كما يصلح هذا التقسيم أيضاً لتحديد مدى صلاحية المياه للري النباتات الحساسة للملوحة والمقترح زراعتها في جميع أنواع الأراضي تحت ظروف الزراعات المحمية.

- ومن الملاحظ أن تقسيم فان هورن قد أغفل النقاط التالية:
 - مشاكل القلوية والتي تحدث نتيجة ارتفاع محتوى المياه من الصوديوم والكربونات والبيكربونات.
 - مشاكل السمية نتيجة لزيادة تركيز بعض العناصر الصغرى والثقيلة في مياه الري مثل البورون والكاديوم والرصاص.

الجدول (3-13): تقسيم Van Hoorn لتحديد مدى صلاحية المياه للري

رتبة المياه	نوعية مياه الري	تركيز الأملاح		مدى صلاحية المياه للاستخدام
		مليموز/سم	غرام/لتر	
C ₁	منخفضة الملوحة	$0.25 >$	$0.25 >$	تتميز هذه المياه بانخفاض تركيز الأملاح فيها ولذلك يمكن استخدامها في ري جميع المحاصيل وفي جميع أنواع الأراضي. ولتلافي احتمال مشاكل الملوحة، يجب مراعاة إضافة احتياجات الغسيل المناسبة وخصوصاً عند استخدامها في الأراضي سيئة الصرف.
C ₂	متوسطة الملوحة	$0.75-0.25$	-0.25 0.5	تستخدم عند زراعة النباتات متوسطة المقاومة للملوحة، ولا يفضل استخدامها في حالة النباتات الحساسة للملوحة. ويمكن استخدامها لري النباتات في جميع أنواع الأراضي. ويجب مراعاة احتياجات الغسيل المناسبة.
C ₃	عالية الملوحة	$2.25-0.75$	$1.5-0.5$	لا يمكن استخدامها في ري النباتات المزروعة في النباتات المزروعة في الأراضي سيئة الصرف. تصلح لري النباتات المقاومة للملوحة، ولكن لا يمكن استخدامها في حالة النباتات الحساسة أو متوسطة الحساسية للملوحة. يجب مراعاة إضافة احتياجات الغسيل مع وجود نظام صرف جيد في حالة استخدامها.
C ₄	منخفضة الملوحة	$5-2.25$	$3-1.5$	لا تصلح هذه المياه للري تحت ظروف نظم الزراعة العادية، وفي حالة استخدامها يكون ذلك تحت ظروف عالية التحكم لمنع تطور وتزايد مشاكل الملوحة في التربة، حيث يجب استخدامها في الأراضي عالية النفاذية وجيدة الصرف كما في حالة الأراضي الرملية، مع مراعاة إضافة احتياجات الغسيل المناسبة واختيار المحاصيل وأصنافها التي تتميز بمقاومة عالية لتحمل الملوحة.

حفا

3-3- التآثيرات المختلفة لنوعية مياه الري Irrigation Water Effects:

3-3-1- على التربة: يتمثل جوهر التأثير الكيمياءى لماء الري على الأتربة فى ترسب الأملاح التى يحملها إلى داخل قطاع التربة، الأمر الذى يؤدى إلى مضاعفات متعددة الجوانب تتمثل بنشوء توضعات ملحية ضمن الآفاق العليا للتربة، سواء عند تبخر كامل ماء الري بالبخر المباشر أو بالنتح-بخر، أو عند تبخر قسم منه وترشح القسم الباقي بالصرف الطبعي إلى الآفاق الأعماق أو بالصرف الصناعى إلى خارج المساحة المروية.

3-3-2- على النبات: ينجم تراكم الأملاح داخل عمود التربة عن انعدام التوازن بين الداخل إلى التربة من الأملاح والخارج منها عن طريق الغسل والصرف مما يؤثر على الشكل الفيزيولوجى لنمو النباتات، كما يمكن أن يصل تركيز محلول التربة إلى سوية لا تستطيع معها النباتات النمو.

3-3-3- تأثيرات أخرى: قد يحمل ماء الري معه العناصر الغذائية المنحلة فيه مما يؤدى إلى خسارة النبات لها. إضافة إلى التأثير الكيمياءى والبيولوجى النوعى لماء الري.

3-4- تأثير خواص التربة فى صلاحية المياه:

3-4-1- تأثير الخصائص الفيزيائية:

(1) نسيج التربة: ينعكس تأثيرها على النفاذية والسعة التبادلية الكاتيونية، حيث تؤدى زيادة نسبة الطين فى التربة إلى زيادة السعة التبادلية وانخفاض ناقليةها المائية.

(2) بناء التربة: تكون الترب المحببة عادة ذات نفاذية جيدة للماء وهى صفة مرغوبة ويجب المحافظة عليها، أما الترب الرسوبية فيتشكل على سطحها قشرة تؤدى إلى عدة مشاكلات.

3) الناقلية المائية للتربة: تحد الناقلية المائية الضعيفة من تهوية التربة أما الناقلية الجيدة فإنها تساعد على عمليات الصرف.

3-4-2- تأثير الخصائص الكيميائية:

1) السعة التبادلية الكاتيونية: تعرف بأنها مجموع الكاتيونات المتبادلة على سطح (100) غ تربة مقدرة بالميلي مكافئ / 100 غ تربة وهي تزداد مع زيادة نسبة الطين و المادة العضوية في التربة.

2) وجود البور في التربة: يتطلب وجود البور في التربة عمليات غسل كبيرة. فمثلاً وجد بأن (50) سم عمق من الماء كفيل بغسل أكثر من (95)% من الأملاح الذائبة بينما يلزم (200) سم عمق من الماء على الأقل لتقليل تركيز البور إلى المستويات السليمة منه، فضلاً عن احتمال ارتفاع نسبته من جديد بعد الغسل.

3) وجود كربونات الكالسيوم أو الجبس أو كربونات الصوديوم: وجد أنه من المفيد ري التربة الكلسية بمياه ذات نسبة ادمصاص صوديوم عالية لأن الكالسيوم يقلل من ضرر الصوديوم. أما التربة المحتوية على كربونات الصوديوم فيجب استصلاحها بالجبس قبل ريها.

3-5- العلاقة بين نوع النبات المزروع وصلاحية مياه الري:

1) العامل الحلوي (الأسموزي): يزداد الضغط الحلوي للمياه بزيادة تركيز الأملاح فيها وبالتالي فإن النبات يحتاج لتطبيق قوة امتصاص أكبر كي يحصل على المياه. ويعد (15) ض ج الطاقة العظمى التي يمكن لجذور نباتات المحاصيل المزروعة مقابلتها لامتناس الماء.

2) العامل السمي: تؤثر بعض الأملاح تأثيراً سميّاً على النبات مثل الكلور والصوديوم و البور والنترات.

3-6- تأثير المناخ في صلاحية مياه الري: يعد كل من الأمطار والنتح والتبخر من أكثر العوامل تأثيراً في صلاحية المياه للري.

(1) يتطلب التبخر العالي حجماً أكبر من مياه الري وبالتالي يمكن للملوحة أن تزداد إذا لم يطبق معامل الغسيل.

(2) تقلل الأمطار الغزيرة من كميات المياه المستخدمة للري والغسيل.

3-7- تأثير نظام الري والصرف في صلاحية ماء الري: يؤثر نظام الري في تركيز الأملاح في التربة وبالتالي في نمو النبات:

(1) يؤدي الري بشكل غير متجانس إلى التملح.

(2) يؤدي الري على خطوط إلى تملح الطبقة السطحية من التربة في قاع الخط بشكل أكبر من الري بالأحواض.

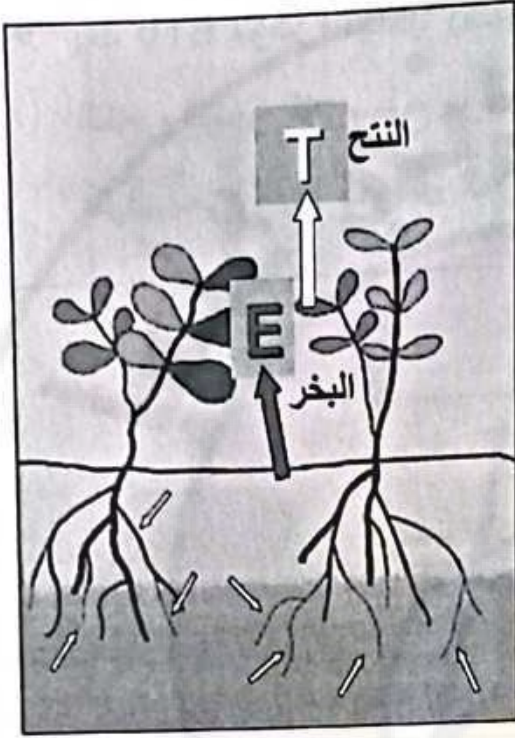
(3) يسبب ارتفاع تركيز الأملاح في مياه الري المستخدمة مع أنظمة الري بالرذاذ إلى أضرار عدة.

(4) يتطلب خفض الماء الأرضي بنظام صرف فعال وجيد لمنع التملح للتربة بسبب الخاصة الشعرية في المناطق الجافة.

الفصل الرابع

Water Requirements الاحتياجات المائية

1-4- الاحتياجات المائي Water



Requirement: يعرف الاحتياج المائي بأنه كمية الماء المستهلك بالبخر - نتح لإنتاج وحدة الوزن من المادة الجافة للنبات.

2-4- الاستهلاك المائي Consumptive

Use: هو مجموع الماء المستهلك (النتح) والمفقود (التبخر).

أ. النتح Transpiration: مقدار الماء الذي تمتصه جذور النبات ويستهلك في بناء أنسجته ويمر من خلال أوراقه إلى الجو الخارجي.

ب. البخر Evaporation: مقدار الماء المستنفذ بالبخر من سطح الأرض والسطوح المائية أو سطوح أوراق النبات.

• ونظراً لأن التبخر والنتح يحدثان في آن واحد وليس من السهل التمييز بينهما، يطلق عادة على الاستهلاك المائي اصطلاح البخر - نتح (Evapotranspiration)؛ حيث نميز ما بين:

1-2-4- النتح تبخر الأساسي أو المرجعي Reference Crop

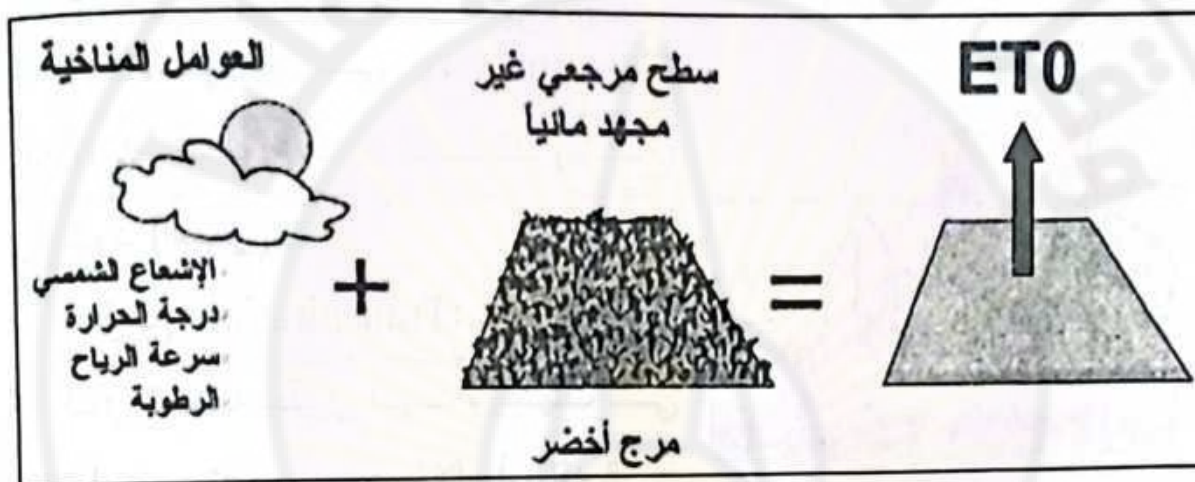
(ET0) Evapotranspiration: أو (النتح تبخر الكامن أو الحسابي

(Potential Evapotranspiration): هو نسبة التبخر والنتح من سطح ماء

أو من سطح نباتي كثيف من مرج أخضر، ارتفاعه منتظم عن سطح التربة (5

- 10 سم، ونموه جيد، ويظل كامل سطح التربة، ومزود بشكل جيد بالماء. ويقدر عمق الماء بـ (مم/يوم) (mm/day) وهو يمثل متوسط الاستهلاك خلال الفترة المحتسبة.

- يعد ET_0 مؤشراً مناخياً يعتمد على عوامل المناخ فحسب، وهو يشير إلى النتح والتبخر من سطح مرجعي غير مجهود مائياً. ويمثل الشكل التوضيحي (1-4) العوامل المؤثرة على النتح تبخر الأساسي (ET_0)



الشكل (1-4): العوامل المؤثرة على الاحتياج المائي الأساسي ET_0

4-2-2- النتح تبخر من النبات Crop Evapotranspiration (Etc): أو (النتح تبخر الحقيقي Actual Evapotranspiration): هو كمية الماء اللازمة لتعويض فقد الماء بالتبخر والنتح من نبات في الشروط المثالية، خال من الأمراض ومزروع في حقل كبير لا يعيق نموه أي من شروط التربة كالماء اللازم للنمو أو خصوبة التربة ويستطيع أن يعطي المردود الكامل تحت الظروف البيئية السائدة.

4-2-3- معامل المحصول K_c : يعرف معامل المحصول K_c بأنه العامل الذي يربط ما بين التبخر - نتح الفعلي لهذا المحصول مع التبخر - نتح المرجعي ET_0 . ويمثل الشكل التوضيحي (2-4) العلاقة التي تربط النتح تبخر الأساسي (ET_0) والنتح - تبخر الحقيقي (Etc).

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_0} \Rightarrow ET_0 \times K_c = ET_c$$



الشكل (2-4): العلاقة بين النتح-تبخر الأساسي (ET_0) والنتح-تبخر الحقيقي

4-3- العوامل المؤثرة على الاستهلاك المائي:

4-3-1- العوامل المناخية Climate factors:

(1) درجة الحرارة Air temperature: يؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى زيادة معدل التبخر - نتح، أي زيادة الاستهلاك المائي، وتتوقف درجة الحرارة على الموقع الجغرافي والطبوغرافي للأرض وخاصة دائرة العرض. ويوضح الجدول (1-4) تأثير تباين درجات الحرارة على التبخر-نتح مع اختلاف المناطق الجغرافية.

(2) الرطوبة الجوية Air humidity: ينخفض معدل التبخر-نتح بزيادة نسبة الرطوبة في الهواء الجوي مع ثبات قيمة باقي العوامل. أما في حالة انخفاض نسبة الرطوبة في الجو المحيط بالنبات فإن ذلك يؤدي إلى معدل التبخر-نتح أي زيادة الاستهلاك المائي.

(3) سرعة الرياح Wind speed: كلما زادت سرعة الرياح أدى ذلك إلى زيادة الفقد بالتبخر-نتح وبالتالي زيادة الاستهلاك المائي للمحصول المزروع.

(4) الإشعاع الشمسي Solar radiation: يؤثر الإشعاع الشمسي على معدل التبخر - نتج فهو المصدر الرئيسي للطاقة اللازمة للتبخر، كما أن للضوء تأثيراً على فتح الثغور وإغلاقها، حيث يقف النتج في أثناء الليل وفي الظلام، لذا فإن معظم الاستهلاك المائي يكون في أثناء النهار.

الجدول (1-4): تأثير تباين درجات الحرارة على التبخر-نتج مع اختلاف المناطق الجغرافية

متوسط درجات الحرارة اليومية (°C)			المنطقة
حرارة منخفضة ~10°C	حرارة متوسطة 20°C	حرارة مرتفعة > 30°C	
المدارية وشبه المدارية			
3 - 2	5 - 3	7 - 5	- الرطبة وشبه الرطبة
2 - 4	6 - 4	8 - 6	- الجافة وشبه الجافة
المعتدلة وشبه المعتدلة			
2 - 1	4 - 2	7 - 4	- الرطبة وشبه الرطبة
3 - 1	7 - 4	9 - 6	- الجافة وشبه الجافة

2-3-4- العوامل النباتية Plant factors:

- (1) نوع النبات: يختلف الاستهلاك المائي باختلاف نوع النبات المزروع، وكذلك يختلف باختلاف أصناف للنوع الواحد.
- (2) مرحلة النمو: يختلف الاستهلاك المائي بحسب مرحلة نمو النبات، حيث يزداد استهلاك النبات للماء طوال فترة النمو الخضري، إلى أن يصل إلى أعلى معدلات له عندما يقترب النبات أو يبدأ مرحلة الإزهار، ومن ثم يأخذ بالانخفاض تدريجياً إلى أن يتوقف تماماً بانتهاء دورة حياته.

(3) طول فترة النمو: يزداد الاستهلاك المائي بازدياد طول فترة النمو، أي بازدياد الفترة التي تستهلك فيها النباتات الماء وبالتالي ازدياد الماء المفقود بالتبخر-نتح.

(4) قوة نمو المجموع الجذري: يزداد معدل الاستهلاك المائي بازدياد قوة المجموع الجذري وعمقه وانتشاره في طبقة أكبر من قطاع التربة.

(5) طبيعة نمو النبات: تؤثر طبيعة نمو النبات من حيث أطوالها وشكل الأوراق ومساحتها على الاستهلاك المائي.

4-3-3- العوامل الأرضية Soil factors:

(1) قوام التربة وبنائها: يؤثر قوام التربة وبنائها وتعاقب طبقاتها على سعتها التخزينية للماء، فالاستهلاك المائي يزداد في الأراضي الرملية وذلك لسهولة فقد الماء منها.

(2) لون التربة: تمتص الأراضي السوداء الداكنة كمية أشعة الشمس بدرجة أكبر من الأراضي فاتحة اللون، أي أنها تخزن سرعات حرارية أكبر وبالتالي زيادة قيمة الاستهلاك المائي للمحصول.

(3) مستوى الماء الأرضي: كلما ازداد ارتفاع مستوى منسوب الماء الأرضي ازدادت كمية المياه المتبخرة من سطح الأرض، في حين أن مستوى الماء الأرضي العميق يقل معه الماء المفقود بالتبخر من سطح الأرض إلى أن يصل إلى الدرجة التي يمكن إهماله.

(4) طبوغرافية الأرض: تتغير الظروف الجوية السائدة في الأراضي المرتفعة عن الأراضي المنخفضة عن مستوى سطح البحر مما يؤثر على الاستهلاك المائي.

(5) عمليات الخدمة الزراعية: تؤدي بعض عمليات الخدمة مثل العزيق إلى انخفاض معدل الاستهلاك المائي.

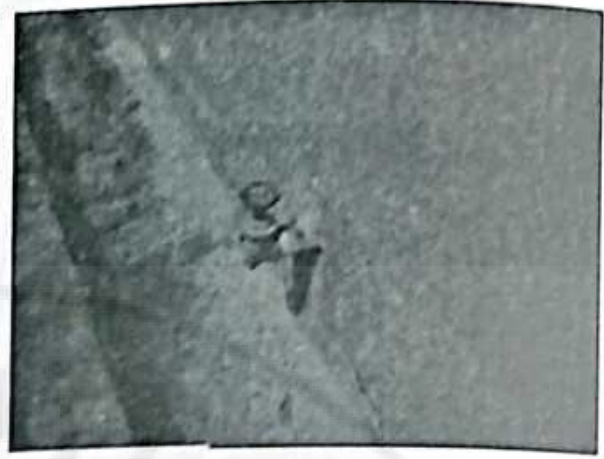
4-4- طرائق تقدير الاستهلاك المائي Estimating Water

:Consumption Methods

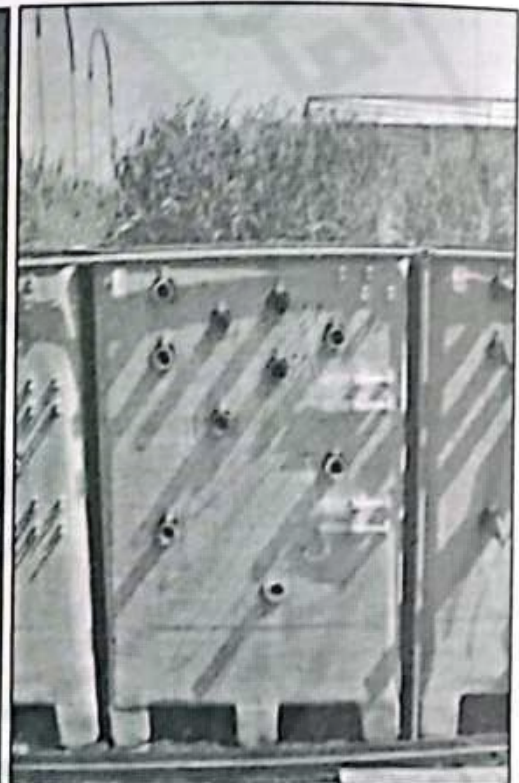


4-4-1- الطرائق العملية:

4-4-1-1 طريقة الليسيمترات Lysimeters method: يستخدم جهاز الليسيمتر بغرض تقدير الاستهلاك المائي، وهو عبارة عن أحواض من الإسمنت (شكل 4-3) أو الحديد (شكل 4-4) أو الخشب أو براميل توضع تحت الظروف الطبيعية للحقل المراد تقدير الاستهلاك المائي للمحصول المزروع فيه.

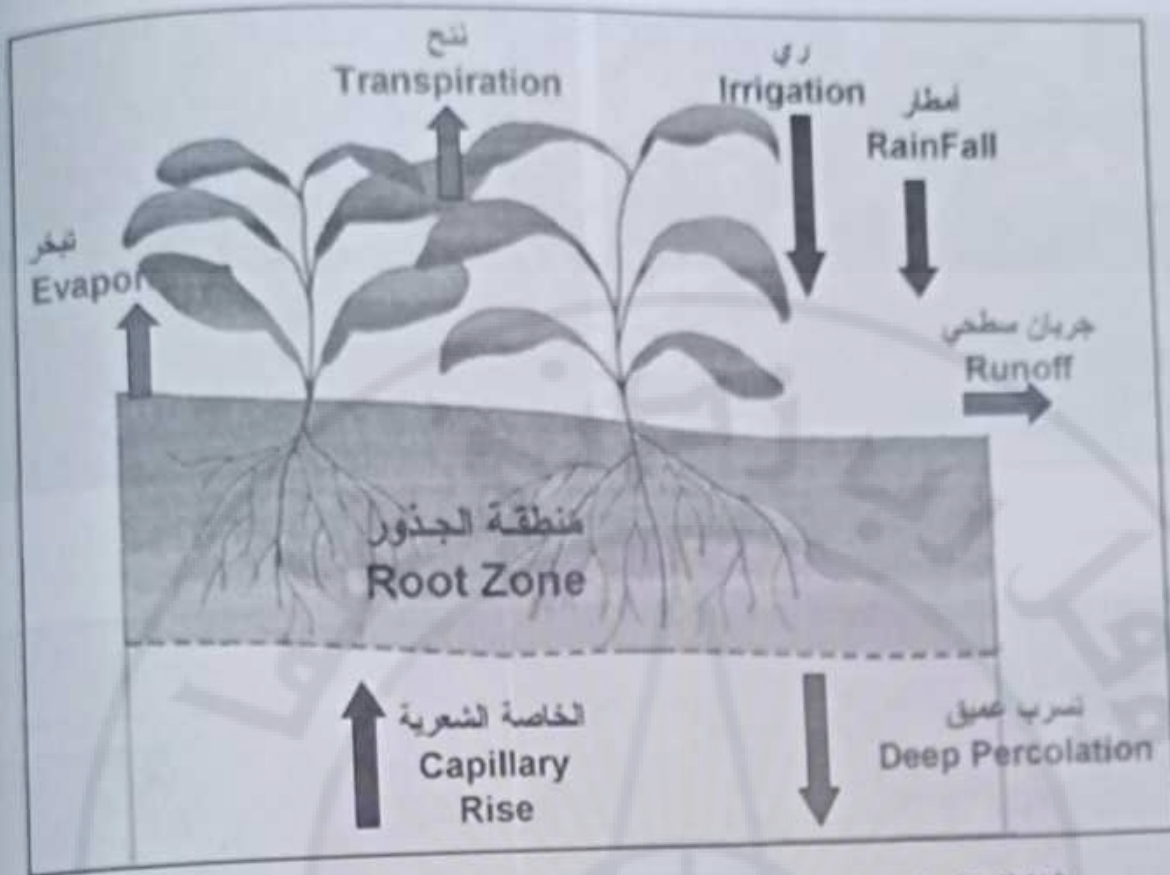


شكل (4-3): ليسيمترات اسمنتية



شكل (4-4): ليسيمترات معدنية

- ويتم حساب الاستهلاك المائي انطلاقاً من العوامل المؤثرة على المحتوى الرطوبي في منطقة الجذور والموضحة بالشكل (4-5) التالي:



شكل (5-4): العوامل المؤثرة على المحتوى الرطوبي للتربة في منطقة الجذور

وبذلك يتم حساب الاستهلاك المائي من المعادلة التالية التي تعرف بالميزان المائي:

$$\Delta W = I + P - D + U$$

حيث:

Δ : التغير الذي طرأ على المحتوى الرطوبي بالتربة خلال مدة زمنية معينة.

I : كمية مياه الري المعطاة خلال مدة زمنية معينة.

P : كمية مياه الأمطار التي تساقطت خلال المدة الزمنية ذاتها.

D : كمية المياه الراشحة من اللبسمتر خلال المدة الزمنية ذاتها.

U : كمية المياه التي فقدت في عمليتي التبخر والنتح خلال المدة الزمنية ذاتها.

- النقاط الواجب مراعاتها عند استخدام الـ ليسيمترات:
 - (1) يجب أن تكون معزولة عن الحقل المحيط بها حتى يمكن تقدير التبخر نتح.
 - (2) يجب أن تمثل الـ ليسيمترات الظروف الطبيعية للبيئة وكذلك خواص النبات من أجل الحصول على معلومات دقيقة منها وذلك كي يتمكن المجموع الجذري من الانتشار والنمو والتعمق في التربة كما هو الحال عند نموها في وضعها الطبيعي تحت ظروف الحقل.
 - (3) تتحدد مساحة الـ ليسيمتر على أساس طبيعة النمو الخضري للمحصول المراد دراسة استهلاكه المائي.
 - (4) يجب أن يكون عمق الـ ليسيمتر مناسباً لعمق جذور المحصول المراد زراعته طوال فترة التجربة.
 - (5) يجب أن يتناسب شكل سطح الـ ليسيمتر مع طبيعة المحصول المراد زراعته، فالمحاصيل التي تزرع على خطوط يناسبها الشكل المستطيل.
 - (6) يفضل أن تكون جدران الـ ليسيمتر غير سميكة ومصنوعة من مادة لا تتأثر بالحرارة بدرجة كبيرة مثل الألياف الزجاجية مع البلاستيك، أو الصلب، وذلك بهدف التقليل من تأثير الفراغ الهوائي بين الـ ليسيمتر والأرض المحيطة.
 - (7) يجب مراعاة تماثل التربة التي توضع بداخل الـ ليسيمتر مع تلك الموجودة في الحقل المجاور.
 - (8) يجب مراعاة تزويد قاع الـ ليسيمتر بالأجهزة التي تضمن جودة الصرف وبقاء التوتر الرطوبي منخفضاً عند القاع بالدرجة التي تسمح بالنمو الطبيعي للمجموع الجذري.

4-4-1-2- طريقة الأحواض الحقلية: وهي أدق من طريقة الليسيمترت، ولكن يجب أن يكون مستوى الماء الأرضي في الحقل عميقاً حتى لا تستفيد منه النباتات في احتياجاتها، ويجب قياس كل من التسرب العميق والتسرب السطحي للمياه وكذلك كميات المياه المستعملة على مُدد قصيرة.

4-4-1-3- طريقة التدفق إلى والتدفق من المساحات الواسعة (طريقة الداخل والخارج): وهي طريقة تقريبية لحساب المقنن المائي للوادي أو المنطقة. ويستخدمها المشتغلون في الري لمعرفة كمية المياه الداخلة لمساحة ما مثل الوديان أو الدلتات. وقد تم استخدامها في جمهورية مصر العربية، وذلك بقياس كمية المياه الداخلة عند القناطر الخيرية ثم تقاس كمية المياه الخارجة من هذه المساحة عند مصب النيل في رشيد ودمياط. والفرق بينهما يعطي المقنن المائي لهذه المساحة. ويجب أن يطرح أيضاً من هذه الكمية الكميات الضائعة بالتسرب العميق وما أضيف بوساطة مياه الأمطار السنوية الساقطة على هذه المنطقة.

4-4-2- الطرائق الحسابية بمعادلات علمية لحساب ET0:

- تستخدم الطرائق الحسابية لتقدير الاستهلاك المائي الأساسي للمناطق التي لم تقم فيها دراسات حقلية وخصوصاً في مناطق التوسع الزراعي حين لا تتوفر المعلومات الكافية عن هذا الموضوع.
- تربط هذه المعادلات الحسابية الاستهلاك المائي خلال نمو المحاصيل المختلفة مع العوامل الجوية الرئيسية.
- تنطبق هذه المعادلات على:
 - ظروف معينة من حيث المناخ؛ فهي تعتمد على عناصر المناخ الأساسية المحلية (درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، مدة السطوع الشمسي وشدته، سرعة الرياح).
 - نوع النبات المزروع الذي يؤخذ بالحسبان في بعض المعادلات.

4-4-2-1 - علاقة بنمان Penman:

- تعد من أدق الطرائق لتقدير العوامل المناخية على الاحتياجات المائية الأساسية للمحصول.
- تستخدم هذه المعادلة في المناطق التي يمكن تقدير درجات الحرارة والرطوبة الجوية، نسبة عدد سطوع الشمس أو الإشعاع.
- تتطلب عمليات حسابية عديدة، وغالباً لا تتوافر المعطيات الضرورية كلها.

$$ET_0 = C [W.R_n + (1 - W) \cdot F(u) \cdot (e_a - e_d)]$$

حيث:

ET_0 : الاستهلاك المائي الأساسي مم/يوم.

C : عامل تصحيح مرتبط بالرطوبة النسبية العظمى وسرعة الرياح والسطوع الشمسي.

W : عامل الوزن ويعبر عن تأثير الإشعاع على التبخر الأعظمي ويتعلق بدرجة الحرارة.

R_n : الإشعاع الصافي المكافئ لقيمة التبخر الأعظمي وهو الفرق بين الإشعاع الوارد والمنعكس عن سطح التربة (مم / يوم).

$F(u)$: عامل الرياح ويتعين بالعلاقة التالية: $F(u) = 0.27 [1 + (U / 100)]$ ، حيث U :

سرعة الرياح على ارتفاع 2م مقدرة بـ (كم / يوم).

$e_a - e_d$: الفرق بين ضغط بخار الماء المشبع عند متوسط الحرارة ومتوسط ضغط بخار الماء الحقيقي (ميلي/بار).

4-4-2-2 - علاقة بلاني - كرايدل Blany - Criddle:

- علاقة تجريبية تعتمد في تحديد قيمة التبخر نتج الأعظمي على معدل درجة الحرارة اليومي والسطوع الشمسي.
- لا تستعمل بلاني - كرايدل إلا عندما لا يتوفر من المعطيات المناخية سوى درجة الحرارة.

$$ET_0 = C [P (0.46 t + 8)]$$

حيث:

ET_0 : الاستهلاك المائي الأساسي مم/يوم.

C: عامل تصحيح يتعلق بمعدل الرطوبة النسبية الدنيا، السطوع الشمسي النظري والفعلي وسرعة الرياح.

P: (متوسط طول ساعات النهار خلال الشهر / مجموع طول ساعات النهار السنوية) $\times 100$
t: المعدل اليومي لدرجة الحرارة (°م).

• الحالات التي يفضل فيها عدم استعمال بلاني - كريدل:

(1) في المناطق الاستوائية حيث تكون درجة الحرارة ثابتة تقريباً على الرغم من اختلاف باقي العوامل المناخية.

(2) في الجزر الصغيرة حيث أن درجة الحرارة تكون متأثرة بدرجة حرارة البحر المحيط بالجزيرة.

(3) في المناطق المرتفعة وذلك لانخفاض متوسط درجة الحرارة اليومية حتى في المستويات العالية لساعات النهار والإشعاع الشمسي.

(4) يراعى عدم استعمال هذه المعادلة لفترة أقل من شهر.

4-4-3- علاقة إيفانوف Ivanov :

$$ET_0 = 0.0018 (25 + T)^2 (100 - A) Ka$$

حيث:

ET_0 : الاستهلاك المائي الأساسي مم/يوم.

T: المعدل اليومي لدرجة الحرارة (°م).

A: متوسط الرطوبة النسبية.

Ka: معامل المناخ يبين تغير العوامل الجوية تحت تأثير الري ويتراوح بين (0.75-1).

4-4-2-4 - معادلة جينسن - هيس: Jensen-Haise

$$ET_0 = (0.025 t + 0.008) \frac{H_{sh}}{59}$$

حيث:

ET_0 : الاستهلاك المائي الأساسي مم/يوم.

t : درجة حرارة الهواء.

H_{sh} : الإشعاع الداخل قصير الموجة (كالوري/سم²/يوم).

4-4-2-5 - معادلة لوري - جونسون Lowry-Johnson

$$ET_0 = 0.8 + 0.156 F$$

حيث:

ET_0 : الاستهلاك المائي الأساسي مم/يوم.

F : الحرارة المؤثرة بـ (ف°).

4-4-3 - حساب التبخر - نتج باستخدام مقياس البخر جهاز قياس التبخر (Class A Pan):

- مبدأ الجهاز: التبخر من سطح ماء حر يمكن أخذه كدالة لتأثير الإشعاع والرياح ودرجة الحرارة والرطوبة الجوية على التبخر الحاصل من سطح ماء حر.
- وصف الجهاز: عبارة عن حوض لتبخر الماء، دائري الشكل قطره (121) سم وعمقه (25.5) سم مصنوع من الحديد المطلي بالزنك بسماكة (0.8) مم مثبت أفقياً على قاعدة خشبية سمكها (15) سم.

يتم تحديد التبخر المرجعي من هذا الجهاز وفق العلاقة التالية:

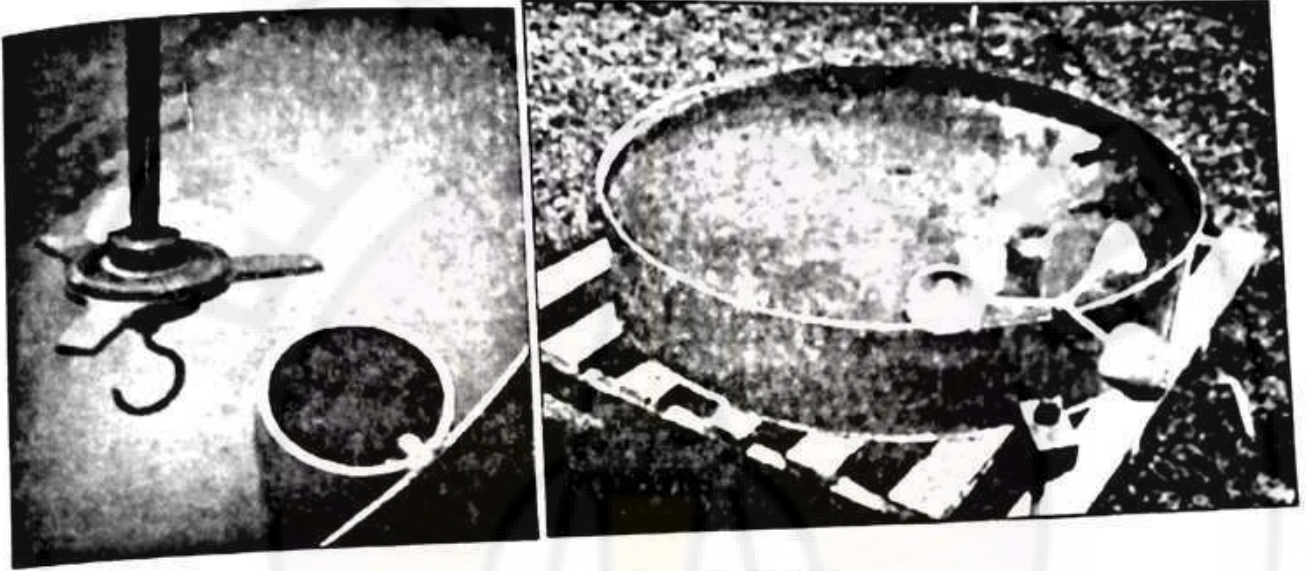
$$ET_0 = K_p \cdot E_{(pan)}$$

حيث:

ET_0 : الاستهلاك المائي الأساسي مم/يوم.

K_p : معامل الحوض (التصحيح) ويتعلق بمعدل الرطوبة النسبية؛ سرعة الرياح؛ البيئة المحيطة والغطاء النباتي.

$E(pan)$: كمية الماء المتبخر من الحوض وتقاس بواسطة (الميكرومتر).



الشكل (4-6): جهاز Class A

• الأسس الواجب مراعاتها عند استخدام Class-A:

- (1) إن مقدار انعكاس الإشعاع من سطح الماء يتراوح من (5-8) %، بينما يتراوح من أسطح النباتات من (20-30) %.
- (2) إن احتفاظ حوض البخر بالحرارة يجعل مقدار البخر متساوياً في النهار والليل، بينما في معظم المحاصيل فإن (95) % من الماء المفقود عن طريق البخر يحدث خلال ساعات النهار فقط.
- (3) يتوقف فقد الماء عن طريق البخر على حركة الرياح بالقرب من سطح المياه وكذلك على درجة الحرارة والرطوبة الجوية في المنطقة الملامسة للإناء مباشرة.

(4) قد يؤثر كل من لون الحوض وتغطيته بمصفاة للحماية من الطيور وغيرها على قياس البخر.

(5) قد تؤثر الظروف المحيطة بحوض البخر على النتائج المتحصل عليها وخصوصاً في حالة إذا ما وضع حوض البخر في وسط منطقة مزرعة بدلاً من وضعه في حقل خالٍ من المزروعات.

• النقاط التي يجب مراعاتها عند استعمال الجهاز:

- (1) أن يكون الحوض في وضع أفقي تماماً.
- (2) يملأ الحوض بالماء حتى يصل مستوى الماء إلى مسافة (5) سم من حافته.
- (3) يجب ألا يقل مستوى الماء عن مسافة (7.5) سم من حافة الحوض.
- (4) ضرورة تغيير الماء الموجود في الإناء بانتظام لتقليل تعكر الماء.
- (5) يجب طلاء الإناء سنوياً بالألمنيوم.

الفصل الخامس الري وسبل رفع كفاءته

دور المياه في الزراعة:

يعد الاحتباس الحراري والجفاف من أهم المشكلات التي تواجه العالم عموماً وسوريا والمناطق الجافة وشبه الجافة خصوصاً، مما أدى إلى تراجع معدلات الهطول المطري وتذبذبها من منطقة إلى أخرى وتدني الموارد المائية وانخفاض مساحة الأراضي المزروعة بعلياً في الوقت الذي أصبح الري مستخدماً في معظم أنحاء العالم، سواء في المناطق الجافة مثل الشرق الأوسط والهند وغرب الولايات المتحدة الأمريكية، ذات الأمطار النادرة أو المعدومة، حيث يستخدم الري لتزويد المحاصيل بكل ما تحتاجه من ماء خلال فترات نموه المختلفة، أو في المناطق الرطبة والمعتدلة مثل وسط أفريقيا وجنوب شرق آسيا وأوروبا حيث تعتمد المحاصيل في نموها على الأمطار الطبيعية التي تكون غالباً غير كافية وغير متجانسة التوزيع، مما يوجب إضافة كميات إضافية من المياه من أجل تحسين نوعية المحاصيل وزيادة إنتاجيتها.

ويقدر مجموع مساحات الأراضي الزراعية في العالم بنحو ألف مليون هكتار، يقدر مجموع المساحات المروية منها بمئتي مليون هكتار (20%) من مساحة الأراضي الصالحة للزراعة) ويقدر إنتاجها بأكثر من (40%) من الحاصلات الزراعية في العالم. لذا لا بد من استخدام الري و تطويره لزيادة مساحة الرقعة الزراعية للحصول على إنتاج زراعي أكبر.

وقد ازدادت في سوريا المساحات المروية المزروعة من (1089) ألف هكتار في عام 1995 لتصل إلى (1489.581) ألف هكتار في عام 2005، وتوزعت طرائق الري كالتالي (176.384) ألف هكتار للتقسيط و(66.722) ألف هكتار للري السطحي المطور.

إن الزيادة السكانية أدت إلى زيادة الطلب على المياه وزيادة المنافسة بين القطاعات الاقتصادية المختلفة مما دعا إلى التوجه نحو استثمار المياه الجوفية لتغطية الاحتياجات المائية الأمر الذي أدى إلى استنزاف المياه الجوفية وتدهور نوعيتها.

يُلاحظ مما سبق أن مسألة ترشيد استهلاك المياه وتنمية الموارد المائية أصبحت من أهم المسائل المطروحة حالياً لمواجهة الطلب المتزايد على المياه.

5-1- تعريف الري وأهدافه:

يعرف الري بأنه عملية توصيل الماء إلى التربة بشكل صناعي بغرض تزويدها بالرطوبة اللازمة لنمو النبات، ويمكن تلخيص الغرض من الري بالأهداف التالية:

(1) إضافة الماء إلى التربة لتلبية الاحتياجات المائية اللازمة للنبات، وهو يعد الهدف الرئيسي من الري.

(2) تحسين المحصول ضد فترات الجفاف قصيرة المدى.

(3) تبريد التربة والجو كي تصبح البيئة المحيطة أكثر ملاءمة لنمو النبات.

(4) خفض خطر الصقيع على النبات.

(5) استصلاح التربة بالغسيل بهدف إزالة الأملاح منها أو تخفيف تركيزها.

(6) خفض خطورة تصلب القشرة السطحية وإنقاص خطر الفراغات الأنبوبية في التربة.

(7) تفتيت الكتل المتماسكة في التربة وتسهيل عمليات خدمة الأرض.

(8) تأخير تكون البراعم نتيجة التبريد الناتج عن تبخر الماء.

5-2- المعايير الأساسية التي يجب مراعاتها في أي نظام ري وبكفاءة عالية:

(1) تلبية الاحتياجات المائية المناسبة للنباتات خلال مراحل النمو المختلفة ، خصوصاً في فترة الاحتياج الأعظمي مع اعتبار المناخ.

- (2) توزيع مياه الري توزيعاً منتظماً في منطقة الجذور.
- (3) تجانس توزيع مياه الري على سطح تربة الحقل المراد ريه.
- (3) تقليل البخر في سطح الأرض المروية إلى أقل قدر ممكن.
- (4) أن تتماشى طريقة نظام الري مع التغييرات في التربة وطبوغرافية السطح.
- (5) أن يكون لنظام الري مرونة كافية في تطبيق ميكنة العمل الزراعي بالمنطقة المروية.

(6) مراعاة نظام الري للجدوى الاقتصادية.

5-3- العوامل المحددة لاختيار نظام الري المناسب:

يعد اختيار طريقة الري الأكثر ملاءمة جزءاً مهماً في تخطيط مشاريع الري حيث لكل طريقة ري مميزاتها الخاصة، ولكل تصميم مشروع ري مشكلات وصعوبات، وهناك عدد من العوامل التي يجب أخذها بعين الاعتبار عند اختيار طريقة الري المناسبة لري محصول معين لتحقيق كفاءة ري عالية وإنتاجية مرتفعة وجدوى اقتصادية مناسبة، ويمكن إيجاز هذه العوامل بما يأتي:

5-3-1- الموارد المائية بالمزرعة: تعد خصائص المصدر المائي ذات تأثير فعال في اختيار نظام الري المناسب. وهي تشمل: موقع المصدر وتكاليف نقل التصريف من مصدر المياه إلى الحقل المروي، كمية المياه المتوفرة ومدى توافقها مع التصريف المطلوب، مدى توفر المياه وقت الحاجة إليها، نوعية مصدر المياه.

5-3-1-1- مصدر المياه Water Source: يمكن توفير مياه الري من مصادر المياه السطحية (المجري المائية، الأنهار، الضخ من البرك) أو المياه الجوفية أو مياه الأمطار أو الثلاثة معاً. يمكن الحصول على المياه الجوفية كمصدر للري عن طريق الضخ باستخدام الآبار، وفي هذه الحالة يجب أن نأخذ بالحسبان النقاط التالية:

– تصريف البئر ونوعية المياه الناتجة عن الضخ.

– المنسوب الديناميكي للبئر.

– تكاليف حفر الآبار وضخ المياه.

– وضع الخزان الجوفي من حيث قابليته لإعادة الشحن.

– عمق السحب الذي يعد من العوامل المهمة المحددة للضاغط الديناميكي الكلي

للنظام حيث يتم تحديد نوع المضخة المطلوبة وقدرتها، وكذلك قدرة المحرك

بناءً عليه.

5-3-1-2- كمية المياه Water Quantity: تعد كل من كمية المياه وتوقيت

الحصول عليها من العوامل المؤثرة في اختيار طريقة الري المناسبة، وذلك

بهدف توفير التصريف المطلوب خلال كامل موسم الري. لذا لابد من معرفة

الظروف الطبيعية المحددة لاستغلال المصدر المائي وتصريفه على مدار السنة

من أجل تحديد التصريف الأعظمي والأصغري له ولتحديد أقصى سعة لخزان

المياه اللازم لنظام الري في حال وجوده.

5-3-1-3- نوعية المياه Water Quality: لنوعية مياه الري أثر مهم في

اختيار طريقة الري من خلال النقاط التالية:

– تحدد نوعية مياه الري أنواع المحاصيل الممكن زراعتها.

– تؤثر نوعية مياه الري على قدرة التربة على الصرف.

– تؤثر مياه الري ذات الحمولة المرتفعة من المواد العالقة على طريقة الري. إذ

لا بد من زيادة مرات الترشيح عند استخدام مياه ري ذات نسبة عالية من

المادة العالقة في أنظمة الري بالتقطيط لأنها تخفض العمر الافتراضي لمكونات

الشبكة مثل الأنابيب ومراوح المضخة والنقاطات.

5-3-2- التربة Soil: تحدد بعض خواص التربة تصميم وطريقة الري

المناسبة ومن أهم هذه الخصائص المحددة:

- قوام التربة وبنائها: يؤثر القوام على قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه وبالتالي على اختيار طريقة الري المناسبة. وتنقسم التربة من حيث قوامها إلى: تربة رملية القوام خشنة القوام، وتربة سلتية متوسطة القوام، وتربة طينية ناعمة القوام.

- عمق قطاع التربة: تتميز الترب ذات القطاع العميق المتجانس والمتوسطة القوام وجيدة البناء باحتفاظها بكميات أكبر من المياه مما يسمح بزيادة المدة بين الريات، بينما الترب ذات القطاع السطحي فإنها تحد من عمق الجذر النامي ومن كمية المياه المخزنة في هذا القطاع مما يستدعي تكرار مدد الري.

- ملوحة التربة وصرفها: يمنع وجود صرف جيد للتربة ارتفاع مستوى المياه الجوفية وزيادة ملوحة التربة الأمر الذي يحدد بدوره الاحتياجات اللازمة للغسيل.

- معدل نفاذية التربة: يؤثر معدل نفاذية الترب في طرائق الري السطحي في تحديد طول الشريحة أو الخط، وفي الري بالرش فإنه يعد عاملاً تصميمياً مهماً من أجل تلافي حدوث الجريان السطحي.

- طبوغرافية الأرض: تؤثر تأثيراً كبيراً على طريقة الري المختارة. حيث يحدد ميل الأرض إمكانية استعمال طرائق الري السطحي.

- قابلية البخر من سطح التربة: تعد التربة الرملية ذات قابلية عالية للبخر بالرياح خاصة إذا كان سطحها عارياً، ويمكن أن يساعد اختيار طريقة الري المناسبة في تقليل البخر بالرياح من سطح هذه التربة. وذلك عن طريق إضافة المياه على أوقات قصيرة وبكميات قليلة للمحافظة على رطوبة سطح التربة والحد من تأثير البخر.

5-3-3- نوع المحصول: يجب أن يتم اختيار المحصول بناءً على الموارد المائية المتاحة ونوع التربة والظروف المناخية. كما يجب أن تتم دراسة جسوا الاقتصادية وقابليته للتسويق. ويجب أن تكون طريقة الري مناسبة لاحتياجات المحصول ونموه، فمحصول الرز على سبيل المثال يحتاج إلى الغمر بالمياه لأوقات طويلة خلال مراحل نموه المختلفة، أي أن طريقة الري بالأحواض تعد أنسب الطرائق لري الأرز. وكذلك فإن المحاصيل ذات الجذور السطحية تحتاج إلى ريها في أوقات متقاربة الأمر الذي يجب أن يؤخذ بالحسبان عند اختيار طريقة الري المناسبة لها.

5-3-4- رأس المال والعمالة المتوفرة **Capital and Labor**: يعد توفير رأس المال لتطوير نظام المزرعة، والعمالة اللازمة لتشغيل نظام الري المقترح من العوامل لمؤثرة عند اختيار نظام الري. فتكاليف إنشاء نظام الري يزداد بزيادة التحكم الآلي للمياه في هذا النظام وتقليل العمالة المطلوبة للتشغيل، كذلك فإن مدى توفير العمالة والمهارة المطلوبة لتشغيل النظام من العوامل المؤثرة لاختيار نظام الري، والعمالة المدربة تؤثر في اختيار طريقة الري.

5-3-5- الطاقة **Energy**: يعد تأمين مصدر مناسب للطاقة من العوامل المهمة عند اختيار بعض أنظمة الري التي تستخدمها من أجل ضخ المياه أو تشغيل الأجزاء المتحركة. حيث تستخدم حالياً كل من المحركات الكهربائية ومحركات الاحتراق الداخلي كمصدر للطاقة، ومستقبلاً يجب أن يتم استخدام الطاقات البديلة كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح وغيرها لتوليد الكهرباء اللازمة لأنظمة الري. وتؤثر العوامل التالية على الطاقة اللازمة لضخ المياه:

- الرفع الإستاتيكي المطلوب.
- ضغط التشغيل المطلوب للأنبيب المبوبة في الري السطحي المطور أو

للرشاشات أو للنقاطات في أنظمة الري الحديث.

- فواقد الاحتكاك في أجزاء نظام الري المختلفة.
- كفاءة المضخة والمحرك.

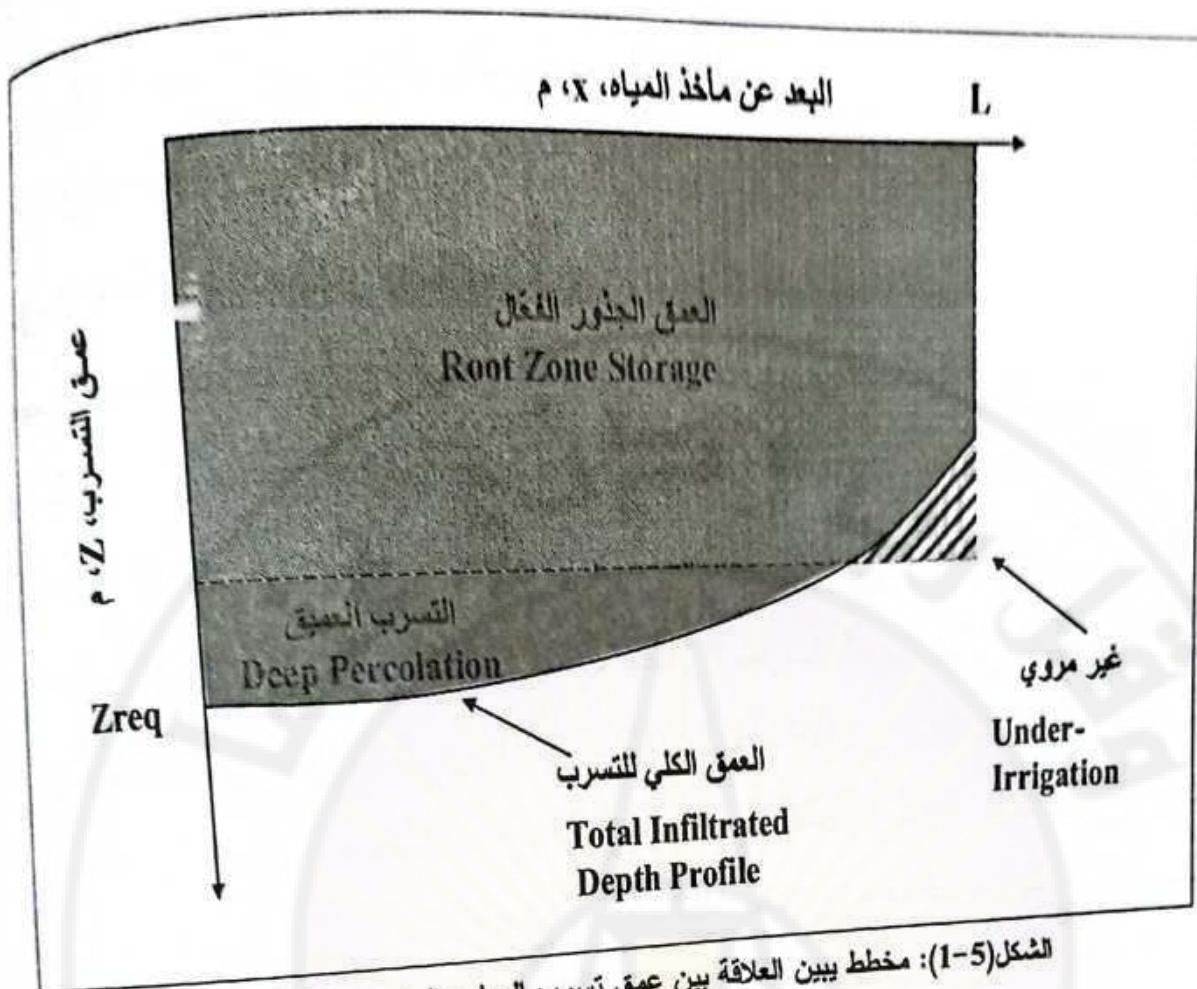
5-3-6- نوع المكننة المستعمل: يؤثر نوع المكننة في اختيار طريقة الري. حيث تحتاج أنظمة الري بالرش الثابتة أو أنظمة الري بالتنقيط التي تكون فيها الأنابيب على سطح الأرض أو تحت سطح التربة إلى نوع معين من الجرارات أو آلات العزيق من أجل رفع كفاءة العمل الحقلية وعمليات الخدمة الممكنة.

5-3-7- نظام الصرف القائم: يلعب نظام الصرف الموجود في المنطقة دوراً مهماً في اختيار طريقة الري. إذ إن استخدام أنظمة الري السطحي يتطلب وجود نظام صرف مكشوف خاصة في المناطق المستصلحة أو تحت الاستصلاح. كما تحتاج شبكات الري المضغوط إلى وجود نظام صرف مغطى نظراً لانتشار الأنابيب على سطح الأرض التي تعيق الصرف المكشوف.

5-4- كفاءة الري Irrigation Efficiency

5-4-1- تعريف الكفاءة أو الفعالية (Efficiency): تعرف الكفاءة عموماً

بأنها النسبة بين العمل الذي تم إنجازه إلى العمل المطلوب إنجازه أصلاً. والهدف الأساسي من عملية الري هو إضافة المستوى الرطوبي المطلوب لنمو المحصول خلال مراحل نموه المختلفة من دون التسبب بأي إجهاد له، أي أن كفاءة الري تزداد عند المحافظة على المستوى الرطوبي المناسب للمحصول والذي ينخفض بدوره بفعل التبخر والجريان السطحي والتسرب العميق.



الشكل (1-5): مخطط يبين العلاقة بين عمق تسرب المياه والبعد عن مأخذ المياه

2-4-5- مؤشرات كفاءة أو فعالية أي نظام ري:

1-2-4-5- انتظام توزيع المياه (Du) Distribution Uniformity: يعرف بأنه متوسط عمق الرش في الربع المنخفض من الحقل إلى متوسط عمق الرش في كامل الحقل.

$$D_u = \frac{Z_{Lq}}{\frac{V_{rz} + V_{dp}}{L}}$$

حيث:

Z_{Lq} : متوسط عمق الماء الراشح في 25 % من مساحة الحقل المروي.
 V_{rz} : حجم الماء المخزن في منطقة العمق الفعال للجذور لكل وحدة عرض.
 V_{dp} : حجم الماء المتسرب (الراشح) إلى أسفل منطقة العمق الفعال لكل وحدة عرض.
 L : المسافة المدروسة.

ويمكن إيجاز العوامل المؤثرة على تجانس توزيع المياه بالتالي:

- التصريف.
- انحدار الحقل.
- معدل التسرب (نفاذية التربة).
- معامل الخشونة الهيدروليكي.
- زمن التدفق.
- مسافة الجريان.

5-4-2-2- كفاءة استعمال المياه (Ea) Application Efficiency: هي عبارة عن النسبة بين سعة التخزين الكلية لمنطقة العمق الفعال للجذور خلال زمن الري وبين كمية المياه المخزنة فعلياً في العمق الفعال. وتكون كفاءة استعمال المياه بالنسبة للري السطحي 100 % .

$$E_a = \frac{V_{rz}}{V_{rz} + V_{dp} + V_{tw}}$$

حيث:

- V_{rz} : حجم الماء المخزن في منطقة العمق الفعال للجذور لكل وحدة عرض.
- V_{dp} : حجم الماء المتسرب (الراشح) إلى أسفل منطقة العمق الفعال لكل وحدة عرض.
- V_{tw} : حجم المياه المهدورة التي تدفقت في نهاية الحقل.

5-4-2-3- كفاءة التخزين أو كفاءة الطلب Requirement Efficiency (Er): هي عبارة عن نسبة كمية المياه المضافة في منطقة العمق الفعال للجذور إلى كمية المياه المطلوبة فعلاً في هذه المنطقة.

تعتبر كفاءة التخزين عن مدى إمكان تحقيق نظام الري المتبع هدفه في تحقيق الرطوبة اللازمة في منطقة عمق الجذور الفعال، أي أن كفاءة التخزين أو الطلب تعبر عن الجهد الرطوبي في التربة.

5-4-2-4-5 - كفاءة النقل (Conveyance Efficiency (Ec): هي عبارة عن

النسبة بين كمية المياه التي تدخل الحقل إلى المياه التي تصل إلى مدخل الحقل. حيث تعبر كفاءة النقل عن ضياعات المياه الناجمة عن نقلها من المصدر المائي إلى بداية الحقل، وتتجم هذه الضياعات عن: الرشح من أسفل القنوات الترابية الناقلة وجوانبها وعن التبخر من سطح الماء المكشوف إذ تؤدي هذه الضياعات إلى انخفاض كفاءة النقل. وقد تبين أن استبدال القنوات الترابية المكشوفة بالأنابيب يؤدي إلى رفع كفاءة النقل كما في مشروع بيجان/اليمن حيث ارتفعت كفاءة النقل من 20% إلى 80% وكذلك في مشروع وادي الأردن من 65% إلى 90%.

5-4-2-4-5 - نسبة الضياعات بالتسرب العميق Deep Percolation Ratio (DPR): وهي تساوي إلى النسبة ما بين متوسط عمق ضياعات المياه بالتسرب العميق ومتوسط العمق الفعال المطبق.

5-4-2-4-5 - نسبة المياه الضائعة Tail Water Ratio (TWR): وهي عبارة عن النسبة بين متوسط عمق الجريان السطحي من الحقل ومتوسط العمق الفعال.

5-4-3 - المعوقات والأسباب التي تواجه رفع كفاءة الري السطحي: يمكن أن نصنف الأسباب التي تعود إليها مشكلة انخفاض كفاءة الري السطحي كالتالي:

4-3-1- أسباب فنية: وهي ناجمة عن:

- ضعف الإرشاد المائي وانخفاض الوعي المائي خاصة لدى المزارعين.
- ضعف تأهيل المزارع الذي يعد المحور الأساسي في عملية تحسين كفاءة الري كونه المسؤول عن إدارة عملية الري على مستوى الحقل. ويحتل رفع كفاءة الري الحقلي النقطة الأهم في تطوير الري السطحي.
- محدودية عدد المؤسسات التعليمية المتخصصة بقضايا المياه وقضايا الري والزراعة.

5-4-3-2- أسباب تتعلق بإدارة مياه الري: وهي ناتجة عن كل من:

- عدم حساب المقننات المائية لكل نوع من المزروعات.
- الافتقار إلى جدولة توزيع مياه الري باستخدام تقنيات الحاسب المتقدمة.
- عدم استعمال قاعدة البيانات الخاصة بالري والمزروعات مما ينتج عنه أخطاء في تشغيل مشاريع الري الكبرى وبالتالي انخفاض كفاءة توزيع المياه.

5-4-3-3- أسباب صناعية:

- ضعف تقنية الري في الوطن العربي حيث يتم استيراد معظم تجهيزات شبكات الري.

- انخفاض الاهتمام بالتقنية الحديثة والمتطورة وخاصة المتعلقة بتقنيات الري والرصد الجوي.

5-4-3-4- أسباب هيدروليكية:

- تتعلق بضرورة إجراء التسوية الدقيقة لسطح التربة للحصول على تجانس في توزيع المياه وبالتالي زيادة كفاءة الري السطحي.
- خشونة السطح التي تؤثر على معدلات التدفق.

5-4-3-5- أسباب اقتصادية:

- انخفاض تكلفة المياه الذي أدى إلى الإسراف في استخدامه.
- انخفاض عائدات المنتجات الزراعية عند استخدام التقنيات الحديثة مقارنة مع تكاليف الإنتاج.
- صغر مساحات الحيازات الزراعية وتفتتها وبالتالي انخفاض المردود الناتج عن تطبيق التقنيات الحديثة فيها.
- ارتفاع تكاليف إنشاء شبكات الري الحديثة مقارنة مع الري السطحي.

الري السطحي Surface Irrigation

1-6- تعريف الري السطحي Surface Irrigation:

يعرف الري السطحي بأنه غمر سطح الأرض كلياً أو جزئياً بالماء ومن ثم انسيابه فوقها لتأمين الاحتياجات المائية للمحاصيل المزروعة ويعد الري السطحي الطريقة الأقدم والأكثر شيوعاً في تزويد الأراضي الزراعية بالمياه حيث تفوق جملة المساحة المروية بطرائق الري السطحي تلك المروية بالري بالرش وتحت السطحي والتنقيط بشكل كبير. ويصعب في أنظمة الري السطحي ري الحقول بكفاءة عالية بسبب فواقد المياه الناتجة عن الرشح العميق (Deep Percolation) والجريان السطحي (Runoff) من نهاية الحقل والتبخر من سطح التربة.

2-6- معايير استخدام الري السطحي:

- (1) يعد استخدام أنظمة الري السطحي ضرورياً عند ارتفاع نسبة الأملاح في التربة من أجل استصلاحها الذي يتم بواسطة التسوية سطح التربة أولاً ومن ثم غسيل الأملاح منها مع إضافة الجبس ($CaSO_4$) إليها في حال القلوية.
- (2) يجب الامتناع عن استخدام أنظمة الري السطحي في الأراضي الرملية والكلسية وذلك للأسباب التالية:
 - تؤدي عملية تسوية التربة المرافقة لأنظمة الري السطحي إلى نقل الطبقة السطحية الخصبة وظهور الطبقات تحت السطحية الأقل خصوبة.
 - يسبب الري السطحي ارتفاع مستوى الماء الأرضي بسبب كميات الري الكبيرة مما يسبب:
 - تملح المجاري المائية غير المبطنة عن طريق الخاصة الشعرية

والتبخر.

○ تدهور الأراضي الزراعية إلى أراضٍ ملحية و ثم قلوية وخاصة في حال
عدم وجود نظام صرف مناسب.

○ انخفاض كمية هواء التربة نتيجة زيادة الرطوبة فتسوء تهوية التربة
وتتدهور صفاتها الفيزيائية والكيميائية مما يؤدي إلى ضعف قدرتها
الإنتاجية.

(3) يفضل عدم استخدام الري السطحي في حالة الأراضي الجيرية والاعتماد على
طرائق الري الأخرى التي تعمل على رفع كفاءة استخدام المياه بشكل جيد.

6-3- مكونات نظام الري السطحي Surface Irrigation Components:

تحقق الإدارة المتكاملة لمكونات أنظمة الري السطحي الوصول إلى رفع
كفاءة هذه الأنظمة، وتشتمل مكونات أنظمة الري السطحي على أربعة أجزاء
رئيسية هي:

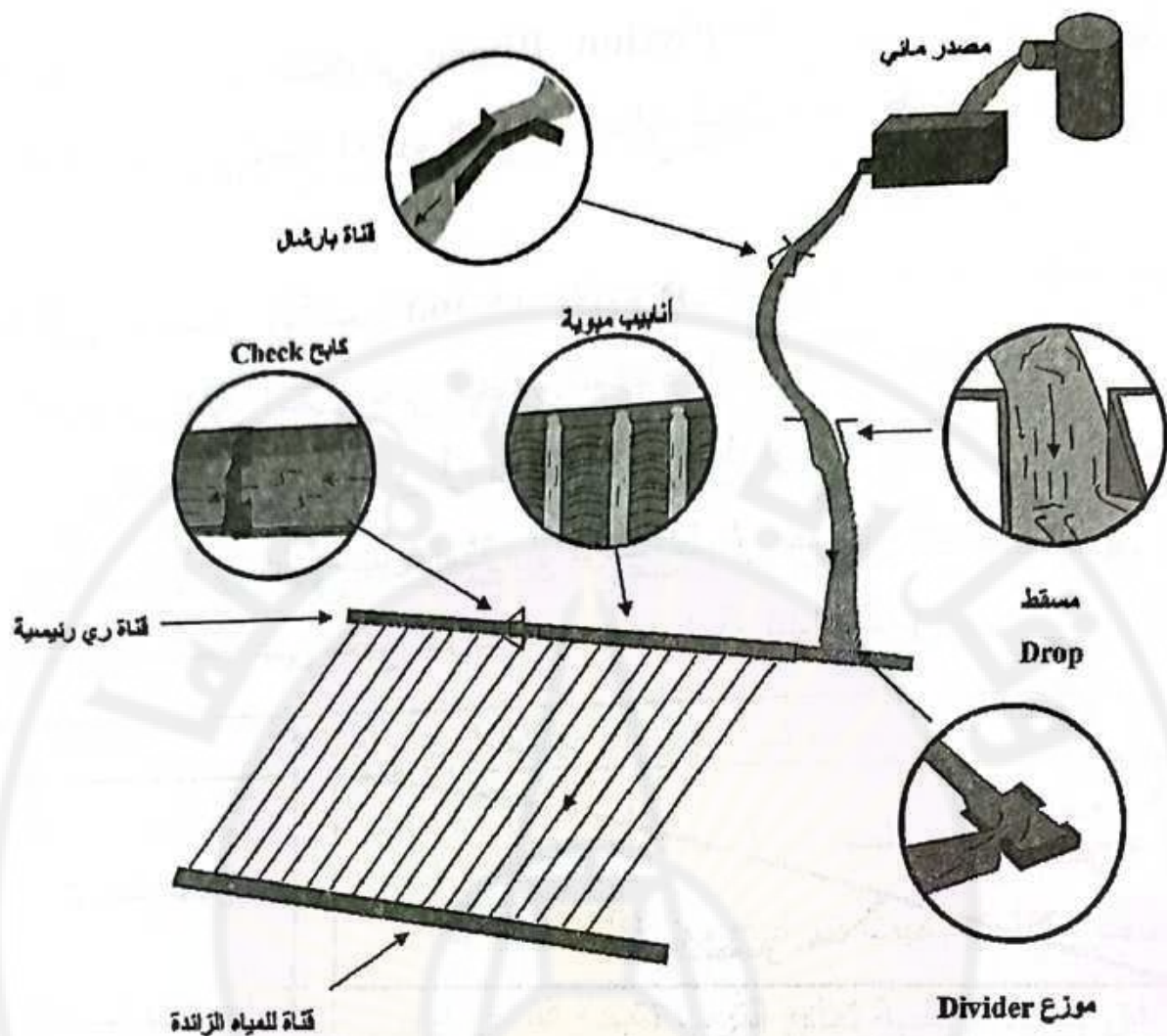
1- المصدر المائي المتوافر لري المزرعة Water Supply .

2- نظام توزيع المياه ونقلها من المصدر المائي إلى الحقل Conveyance
System.

3- نظام توزيع الماء داخل الحقل إلى المحصول المزروع Water Use
System.

4- نظام إزالة المياه الزائدة والمتجمعة في نهاية الحقل أو نقلها Water
Removal System.

ويوضح الشكل (6-1) مكونات نظام الري السطحي:



الشكل (6-1): مكونات نظام الري السطحي

4-6- أطوار الري السطحي Surface Irrigation Phases:

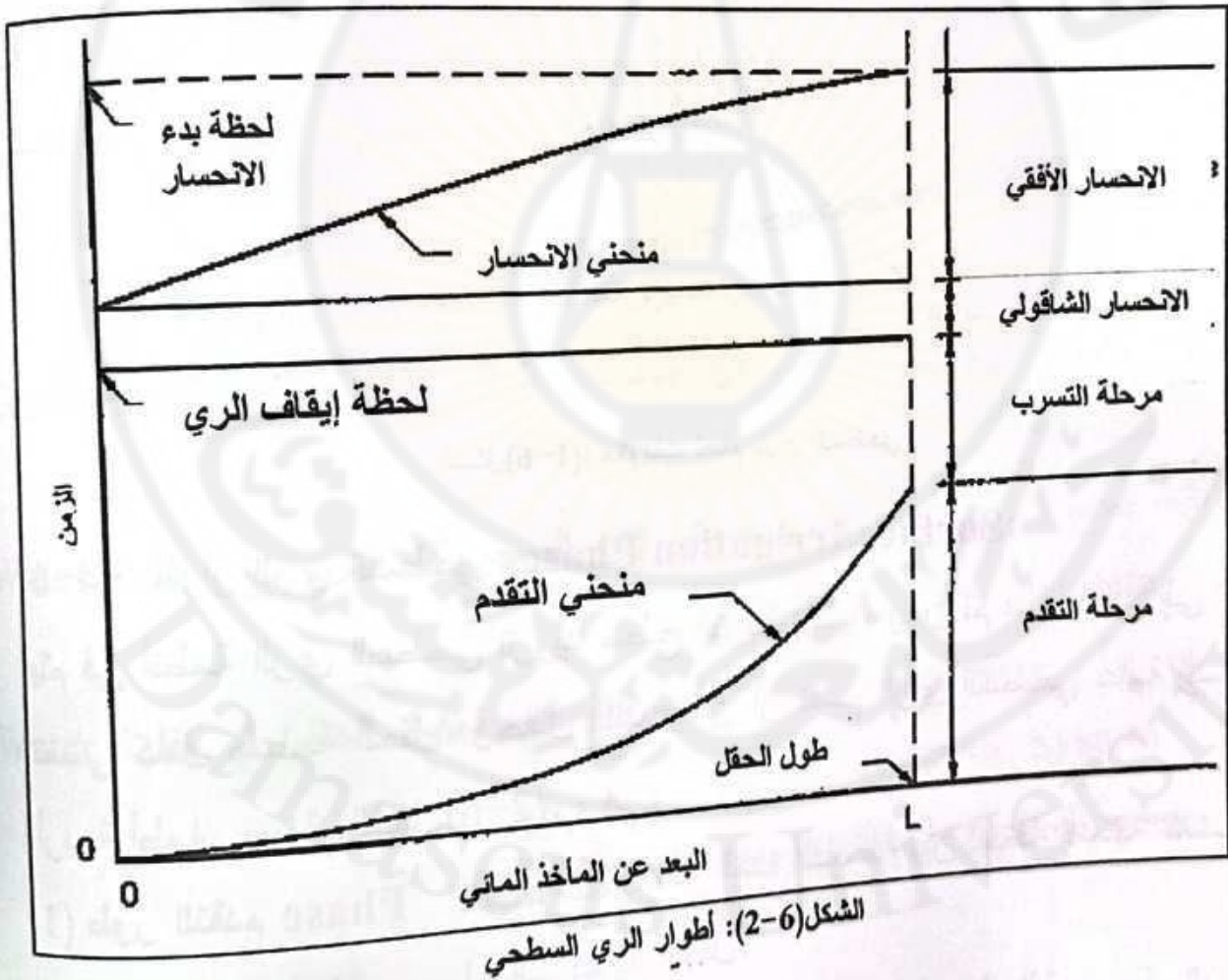
يتم في أنظمة الري السطحي تزويد سطح التربة بالمياه ومن ثم فإنها تتقدم إلى أن تغطي كامل مساحة الحقل، وخلال ذلك يمكن أن نقسم الري السطحي عامة إلى أربعة أطوار مبينة بالشكل (6-2)، وهي:

(1) **طور التقدم Advance Phase:** هو المدة الفاصلة بين لحظة إضافة الماء إلى التربة ولحظة وصوله إلى نهاية الحقل.

(2) **طور التسرب Wetting Phase:** وهو المدة الزمنية بين لحظة وصول المياه إلى نهاية الحقل ولحظة إيقاف عملية الري. ويتم التسرب إما داخل التربة أو إلى خارج الحقل بالجريان السطحي.

(3) طور الانحسار الشاقولي **Depletion Phase**: وهو المدة الزمنية بين لحظة إيقاف الري ولحظة اختفاء المياه من بداية الحقل وهو طور سريع يمكن إهماله.

(4) طور الانحسار الأفقي **Recession**: وهو الفترة الزمنية بين لحظة انحسار الماء من بداية الحقل وحتى انحسار الماء كلياً من كامل الحقل. ليس من الضروري أن تجتمع هذه الأطوار معاً في الري السطحي. فعند ري الرز على سبيل المثال لا توجد أطوار تقدم وانحسار إذ إن المياه تكفي بالتجمع على سطح التربة فحسب ومن ثم تبدأ بالتسرب.



6-5- ميزات الري السطحي:

- (1) إمكانية ري مساحات واسعة بتكاليف منخفضة حيث يتم عادةً نقل المياه وتوزيعها بفعل قوة الجاذبية.
- (2) سهولة إدارة الري وجدولته، حيث تمكن تقنيات الري السطحي من إعطاء الريات خلال أوقات متباعدة من خلال إضافة كمية المياه الكافية لتغطية احتياجات المحصول لمدة لاحقة.
- (3) عدم تأثر فعالية أنظمة الري السطحي وكفاءتها بالظروف المناخية بشكل كبير.

- (4) اتساع الخبرات المكتسبة في مجال الري السطحي وتقنياته.

6-6- سلبيات الري السطحي:

- (1) انخفاض كفاءته حيث تتراوح بين (40 - 60)%
- (2) يترافق بارتفاع نسبة تملح الترب نتيجة التبخر الكبير من سطح التربة.
- (3) انخفاض المساحة المزروعة بنسبة أقل من (30-50)% مقارنة بالمساحة الممكن زراعتها مع طرائق الري بالرذاذ والري بالتنقيط وذلك بسبب وجود قنوات نقل وتوزيع المياه بالإضافة إلى وجود الأكتاف الترايبية.
- (4) الحاجة إلى عدد كبير من اليد العاملة لتحقيق كفاءة ري عالية.
- (5) قد يسبب الري السطحي تلوثاً في المياه الجوفية عن طريق مياه الجانبيه الأرضية المُحمّلة بالأسمدة الزائدة.

6-7- طرائق الري السطحي Surface Irrigation Methods

تصنف طرائق الري السطحي اعتماداً على ميل الحقل وحجمه وشكله وطريقة تدفق المياه عبر سطح الحقل إلى: الري بالغمر، الري بالأحواض، الري بالشرائح، الري بالخطوط.

6-7-1 الري بالغمر Flood Irrigation:

يعد الري بالغمر من طرائق الري البدائية التي عرفت قديماً على ضفاف الأنهار والوديان الطبيعية. تعتمد هذه الطريقة على فيضان المجاري المائية الناجم عن معدلات الهطول المطري المرتفعة التي تفوق سعة هذه المجاري مما يؤدي إلى غمر الأراضي المجاورة لها. وقد تم لاحقاً تطوير الري بالغمر التقليدي وذلك بتوجيه مياه الفيضانات إلى مداخل خاصة وصولاً إلى الأراضي المجاورة للمجاري المائية ومنع عودتها بإغلاق هذه المداخل. كما يمكن زيادة فعالية هذه الطريقة بتطبيق الري التكميلي وذلك بإضافة رية أو أكثر إلى المحصول المزروع خلال فترة النمو التي تتخفف فيها نسبة رطوبة التربة، مع مراعاة موقع المحصول بالنسبة للمجرى المائي (المصدر المائي) من أجل سهولة إمداده بالمياه اللازمة.

تتميز هذه الطريقة بأنها تؤمن الاحتياجات المائية والغذائية للمحاصيل المزروعة وذلك من خلال تأمينها نسباً عالية من الرطوبة والخصوبة الناتجة عن الترسيب السطحي، كما تتميز بأنها قليلة التكاليف. وينصح في هذه الطريقة بزراعة المحاصيل ذات الموسم الزراعي القصير والمحاصيل غير الحساسة لنقص المياه.



شكل (6-3): الري بالغمر

6-7-2- الري بالأحواض Basin Irrigation:

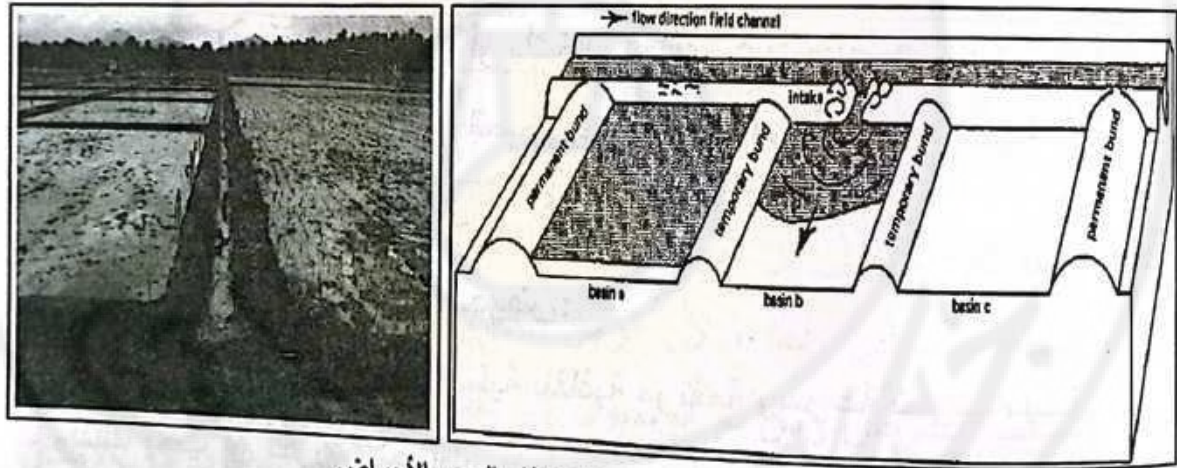
يعد أكثر أنواع الري السطحي بساطة وشيوعاً، خصوصاً في الحقول الصغيرة. ويتم الري بالأحواض (الشكل 4-6) بتقسيم الحقل إلى حوض واحد أو أكثر، مستوي ومحاط بأكتاف ترابية (Earth Ridges) تمنع خروج المياه إلى خارج الحوض وتساعد على تجميعها فيه كي ترشح.

• الشروط التي يجب أن يحققها الحوض:

- مستوي في الاتجاهات كلها، لضمان التوزيع المتجانس للمياه وبالتالي تحقيق كفاءة ري عالية.

- محاط بأكتاف ترابية.

- يجري الماء فيه بشكل غير محدد. (وليس وفق اتجاهات مستقيمة كما في الري بالشرائح)



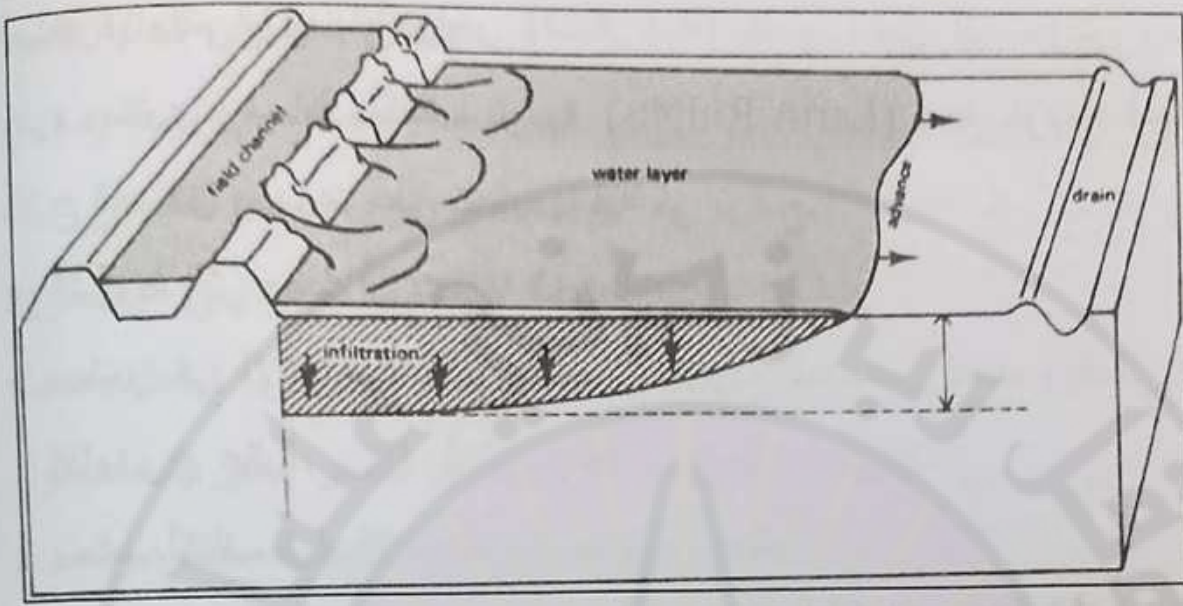
شكل (4-6): أ. مخطط يبين مكونات نظام الري بالأحواض

ب. صورة حقلية لحقل مروى بالأحواض

• يترافق الري بالأحواض بقنوات صرف مكشوفة (الشكل 5-6) وذلك تحسباً لزيادة امتلاء الحوض بالمياه نتيجة أمطار غزيرة أو للتأخر في قطع إمداد الحوض بالمياه.

• يمكن تطبيق الري بالأحواض في المساحات المنتظمة الشكل أو غير المنتظمة ويلتزم بصورة عامة التربة ذات معدلات التسرب المتوسطة والبطيئة،

والمحاصيل ذات الجذور العميقة والتي تزرع بصورة متقاربة من بعضها بعضاً.



شكل (5-6): مخطط يبين قناة الصرف المكشوفة في الري بالأحواض

6-7-2-1- شكل الحوض ومساحته: يكون الحوض عامة مربعاً، ويمكن أن يوجد بأشكال أخرى كالمستطيل أو بأشكال أخرى غير منتظمة. بينما تتراوح مساحة الأحواض الصغيرة بين (1-2) م² أما مساحة الأحواض الكبيرة فتتراوح بين (3-4) هكتار أو أكثر.

• العوامل المحددة لمساحة الحوض:

- نوع التربة: تتميز التربة الرملية بنفاذية مرتفعة وسرعة تسرب مياه عالية، لذلك يجب أن تكون الأحواض صغيرة وأن يعطى الماء بتصريف مرتفع كي يتمكن من الانتشار والتقدم بسرعة فوق في الحوض. وعلى العكس، ففي التربة الطينية التي تتميز بنفاذيتها المنخفضة لا بد من إتاحة الزمن اللازم للمياه كي تنتشر وتتقدم على كامل مساحة الحوض، مما يعني أن مساحة الحوض يجب أن تكون كبيرة وتصريف الماء قليل.

- مقدار التدفق المتاح: تكون العلاقة طردية بين مساحة الحوض ومقدار التدفق المتاح من أجل التربة نفسها، لأن انتشار المياه فوق سطح التربة يتم بسرعة

أكبر عندما يكون التصريف المتاح كبيراً. ويظهر الجدول (1-6) المساحات المقترحة لأحواض الري والتي تحقق توزيعاً منتظماً للماء بما يتناسب مع التصريف المتاح ونوع التربة.

جدول (1-6): أثر نوع التربة وتصريف المصدر المائي على مساحة الأحواض

التصريف المتاح (ليتر/ثا)	مساحة الحوض من أجل كل نوع تربة (هكتار)		
	رملية	رملية لومية	طينية لومية
15	0.01	0.03	0.6
30	0.02	0.06	0.1
60	0.04	0.12	0.2
90	0.06	0.18	0.4
120	0.08	0.24	0.6
150	0.1	0.30	0.8
180	0.12	0.36	1.0
210	0.14	0.42	1.2
240	0.16	0.48	1.4
			1.6

- عمق مياه الري: يمكن أن تكون مساحة الأحواض أكبر عندما يكون عمق الماء المطلوب توفيره أكبر، لأن الزمن اللازم لانتشار المياه وتقدمها على كامل مساحة الحوض ومن ثم الوصول إلى ذلك العمق يكون أكبر.
- انحدار الأرض: يجب أن يكون سطح التربة في الأحواض مستوياً قدر الإمكان حيث لا يزيد ميله عن (1%) لأن سعة الحوض تتحدد بمقدار انحدار الأرض. ويتم تقسيم الحقل عادةً عندما يكون مستوياً (الشكل 6-6، أ) إلى أحواض كبيرة بما يتناسب مع مقدار التصريف المتاح ونوع التربة. ومع زيادة ميل الأرض يجب تصغير مساحة الحوض بخفض المسافة الطولية بين الأكتاف الترابية، وفي حال الأراضي شديدة الانحدار والتموجة يتم تسوية الأرض وتدرجها

بشكل مصاطب (Terraces) ثم تقسيمها إلى أحواض، كما يبين (الشكل 6-6)،
(ب).

– عمق التربة: من الأفضل أن يكون عرض الأحواض في الأراضي ذات
التربة الضحلة قليلاً لأن هذه التربة أكثر عرضة للانجراف، أما عرض
الأحواض في التربة العميقة فيمكن أن يكون أكبر وأقل عرضة للانجراف.



(أ). أحواض كبيرة المساحة مستطيلة الشكل في حقل منبسط



(ب): أحواض كنتورية لزراعة الرز

(الشكل 6-6): تأثير انحدار الأرض على سعة وشكل الحوض

• مما سبق نستطيع تلخيص تأثير العوامل المختلفة السابقة على أبعاد الحوض:

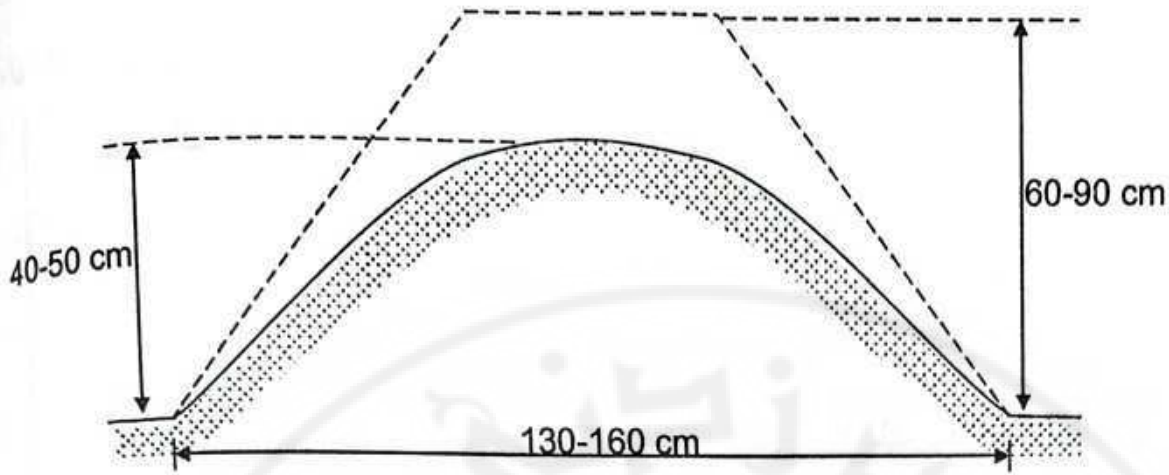
- تكون مساحة الأحواض في الترب الطينية أكبر مما هي عليه في الترب الرملية.
- تكون مساحة الأحواض أكبر عندما يكون التصريف أكبر.
- تكون مساحة الأحواض أكبر عندما يكون عمق الري أكبر.
- تتناقص مساحة الحوض مع ازدياد الميل والعكس صحيح.
- يتناقص عرض الحوض في الأتربة الضحلة وذلك لتفادي الانجراف.

6-7-2-2- الأكتاف الترابية للحوض **Ridges**: هي عبارة عن حواجز ترابية صغيرة تقام حول كل حوض بهدف الاحتفاظ بالماء ضمن الحوض في أثناء رشحه داخل التربة ويتوقف شكل الحواجز وحجمها على:

- عمق الري
- ارتفاعه عن مستوى الماء المخزن في الحوض.
- تأثير الأمواج المائية
- الآليات الزراعية
- المحصول المزروع

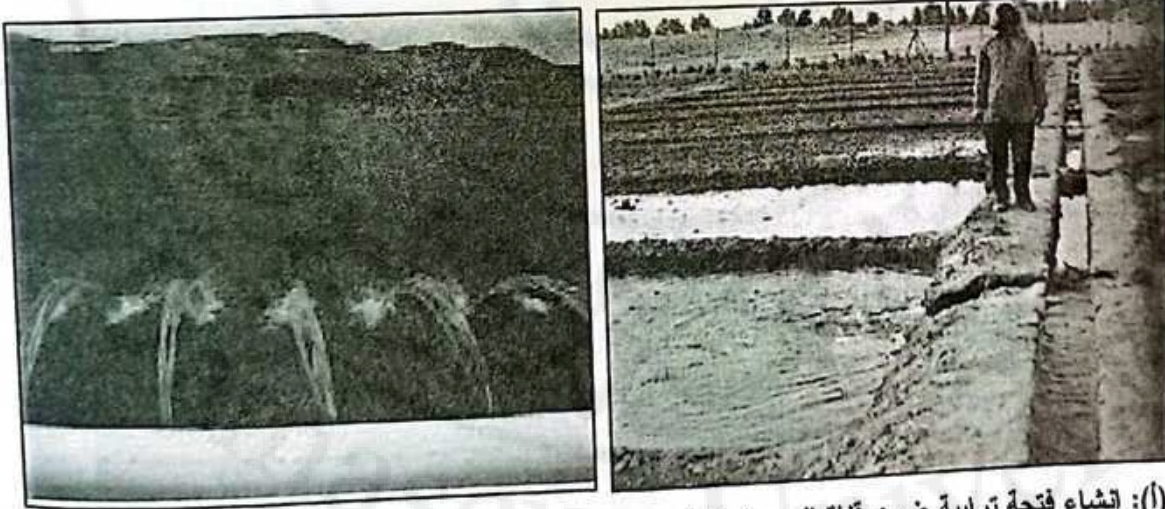
• يتراوح ارتفاع الأكتاف الترابية بين (15-50) سم كما يجب أن ترتفع عن مستوى الماء المخزن في الحوض بمقدار (10-20) سم لمنع تدفق الماء من فوق قمة الحواجز.

• وتختلف أبعاد الأكتاف الترابية كما يبين الشكل (6-7) بحسب المحصول المروي فهي قد تكون مؤقتة (Temporary Ridges) تنشأ عادة كل موسم لري المحاصيل الموسمية أو دائمة تنشأ لري المحاصيل الدائمة كالرز (Pemanent Ridges).



شكل (6-7): أبعاد الأكتاف الترابية

6-7-2-3- إمداد الأحواض بالماء: يتم إمداد الأحواض بالمياه من قناة ري حقلية عن طريق فتحة يتم إنشاؤها في كتف الحوض (الشكل 6-8، أ) أو بواسطة السيفونات Siphons أو الأنابيب المبوبة Gated Pipe (الشكل 6-8، ب) مع الأخذ بالحسبان السرعة الكافية لتقدم المياه ضمن الحوض وتغطيتها لكامل مساحته، والزمن المناسب لإيقاف الري عند الوصول إلى كمية المياه المطلوبة من أجل إفساح المجال أمام المياه المتراكمة لترشح داخل التربة.

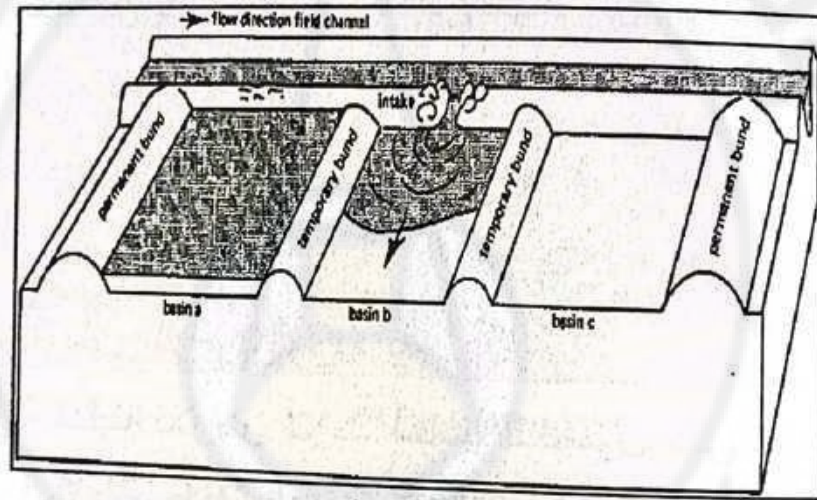


(أ): إنشاء فتحة ترابية ضمن قناة الري الحقلية

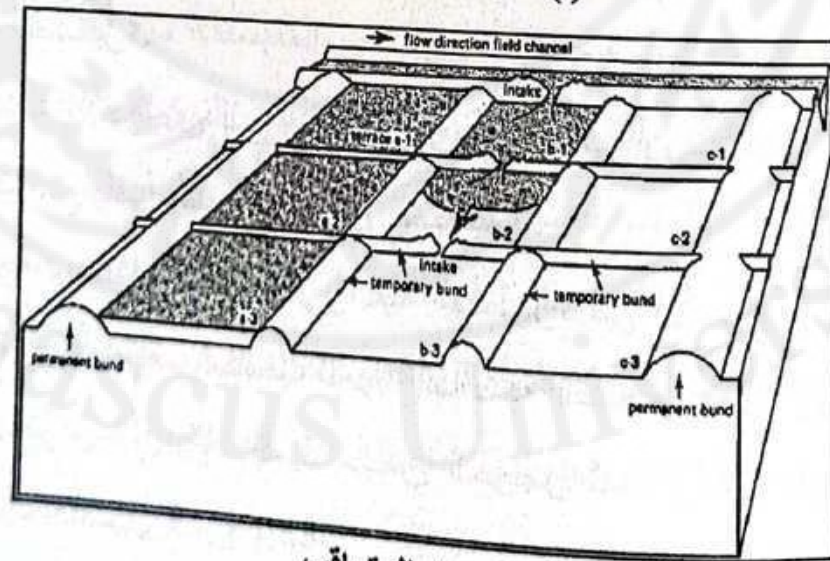
(ب): باستخدام الأنابيب المبوبة

الشكل (6-8): طرائق إمداد الأحواض بالماء

- قد تكون طريقة إمداد الحوض بماء الري مباشرة أو متعاقبة.
- الإمداد المباشر Direct Supply: (الشكل 6-9، أ) وهي طريقة مناسبة لمعظم أنواع المحاصيل والترب، حيث تنشأ قناة حقلية بمحاذاة كل حوض في الحقل ويتم إمداد كل حوض بالماء مباشرة من هذه القناة.
- الإمداد المتعاقب Cascade Supply: (الشكل 6-9، ب) تستعمل هذه الطريقة في الأراضي المنحدرة التي تكون فيها الأحواض منشأة داخل مصاطب، ويتم إمداد الحوض الأول بالمياه مباشرة من القناة الحقلية، ومن ثم يتدفق الماء من حوض إلى آخر أقل ارتفاعاً من السابق.



(أ): الإمداد المباشر



(ب): الإمداد المتعاقب

شكل (6-9): طريقة إمداد الأحواض بالمياه

6-7-2-4- ميزات الري بالأحواض:

(1) تعد طريقة الري بالأحواض أساسية بالنسبة للمحاصيل التي تحتاج إلى الغمر كالأرز، كما يمكن تطبيقها لري المحاصيل الحساسة للغمر والترب القابلة لتشكيل قشرة سطحية قاسية وذلك عن طريق إنشاء خطوط أو سطور داخل الحوض أو عن طريق رفع أرضية الحوض من أجل بعض المحاصيل (Raised Beds). وعلى الرغم من هذه التعديلات فإننا نبقي ضمن نظام الري بالأحواض طالما أن الجريان غير موجه ولا يمكن السيطرة عليه.

(2) تعد طريقة فعالة لغسيل الأملاح من التربة.

(3) إمكانية أتمتها من خلال التحكم بالتدفق عند مدخل الحوض باستخدام منظمات التدفق التي تعد بسيطة ورخيصة نسبياً.

(4) تعد كطريقة من طرائق حصاد المياه وخاصة في المناطق ذات الهطولات المطرية الشديدة حيث تبقى المياه الهائلة ضمن الحوض.

6-7-2-5- مساوئ الري بالأحواض:

(1) تعد التسوية الدقيقة للأرض شرطاً أساسياً للحصول على كفاءة توزيع مياه عالية، وفي حال عدم توفر التسوية الدقيقة نلجأ إلى إنشاء الأحواض ذات المساحات الصغيرة.

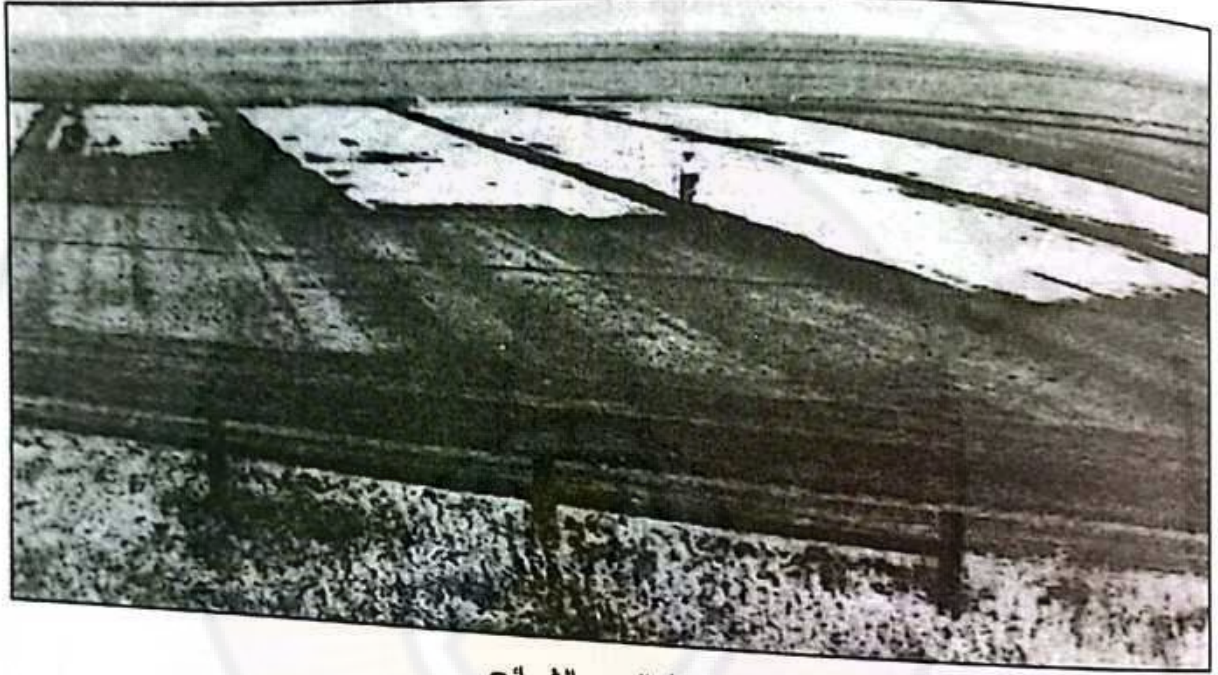
(2) تحتاج أكتاف الأحواض إلى صيانة دورية. ويجب أن تكون ذات ارتفاعات أكبر مقارنة مع باقي طرائق الري السطحي.

(3) عدم إمكانية استخدام المكننة الزراعية المتطورة في الأحواض الصغيرة.

(4) ضرورة توفير صرف مناسب للمياه الفائضة الناتجة عن زيادة معدلات الهطول المطري لأن بقاء المياه ضمن الحوض لمدة زمنية طويلة يؤدي إلى الإضرار بالمحاصيل المزروعة.

6-7-3- الري بالشرائح Strips Irrigation:

يعد الري بالشرائح (الشكل 6-10) امتداداً للري بالأحواض إلا أن الحقل فيه يقسم إلى مساحات مستطيلة الشكل أو متعرجة محددة بحواجز ترابية تزود بالمياه عن طريق قناة ري حقلية حيث تنتشر على سطحها بشكل سريع ومستمر على شكل طبقة رقيقة.



شكل (6-10): الري بالشرائح

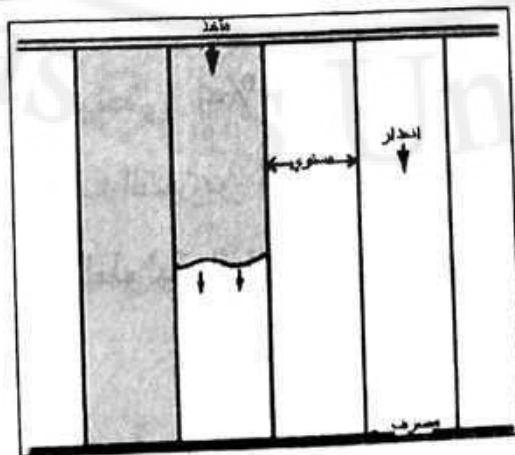
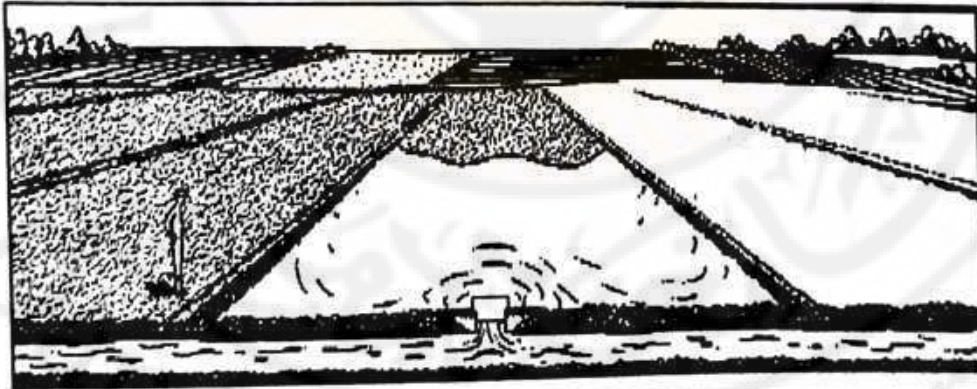
- 6-7-3-1- العوامل التي يجب مراعاتها عند استخدام نظام الري بالشرائح:
- (1) التسوية الجيدة للأرض وجعلها قريبة من المنبسطة من أجل تحسين معدل التسرب خصوصاً في الترب قليلة النفاذية لتأمين التوزيع المنتظم للماء.
 - (2) توافر الانحدار المناسب لتسهيل حركة الماء على طول الشريحة، ويمكن أن يكون الميل من 0.2 % وحتى 4 % شرط التسوية الجيدة، والتحديد الدقيق لكمية المياه المقدمة وتجنب التخزين الطويل للماء في الشرائح.
 - (3) يجب أن ترتفع الأكتاف الطولية الفاصلة بين القطع المختلفة عن سطح المياه بنحو (10-15) سم.
 - (4) يجب خفض عرض الشريحة بازدياد ميلها.

(5) تخفيض طول الشريحة في التربة ذات معدلات التسرب العالية من أجل رفع كفاءة توزيع المياه كما يمكن أن نزيد مقدار التدفق المائي أو نزيد الميل الموافق لحركة مياه الري إلا أن تقصير طول الشرائح يعد الطريق الأسهل والأوفر.

(6) ملائمة عرض الشرائح لعمليات المكننة الزراعية، وعادة يكون عرض الشرائح مساوياً لمضاعفات عرض تشغيل الآلية المستخدمة مع السماح بنسبة معينة من التداخل في التشغيل.

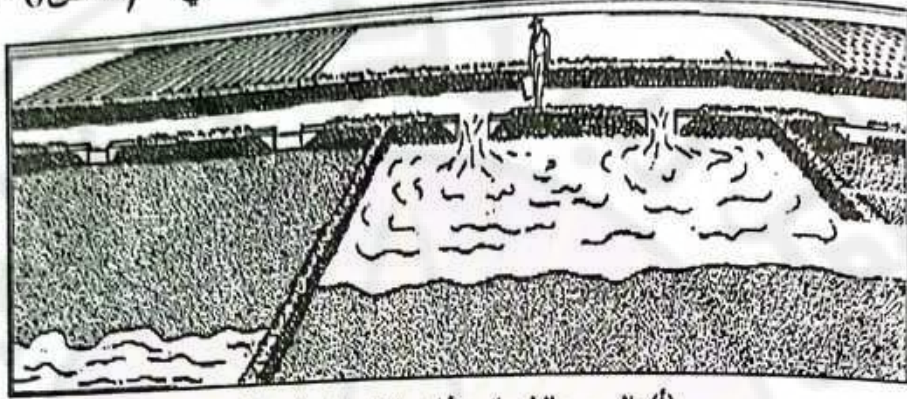
6-7-3-2- تصنيف أنظمة الري بالشرائح بحسب انحدارها:

(1) شريحة مستوية Level Strip: (الشكل) يصل ميل هذه الشريحة إلى الصفر ومن الضروري أن تكون أطراف الشريحة ونهايتها محدودة بأكتاف لضمان تجميع المياه في الشريحة ومن ثم تشربها إلى داخل التربة، كما يجب أن يكون مقدار التدفق المتاح كافياً لتغطية مساحة الشريحة خلال وقت مناسب.

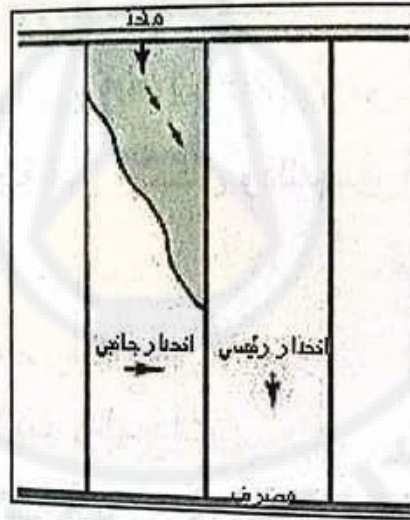


شكل (6-11): الري بالشرائح المستوية

(2) شريحة ذات انحدار منتظم **Graded Strip**: تتم حركة الماء في هذا النوع من الشرائح نتيجة لانحدارها حيث تتحرك المياه على طول الشريحة وباتجاه ميلها، وتكون جوانب الشريحة محددة بأكتاف بينما تكون نهايتها مفتوحة وتضاف المياه إلى الجزء الأعلى من الشريحة وعندما تقترب جبهة تقدم المياه من نهاية الشريحة يتم إيقاف عملية الري لمنع حدوث جريان سطحي. (الشكل 6-12، أ، ب)



(أ): الري بالشرائح ذات الانحدار المنتظم

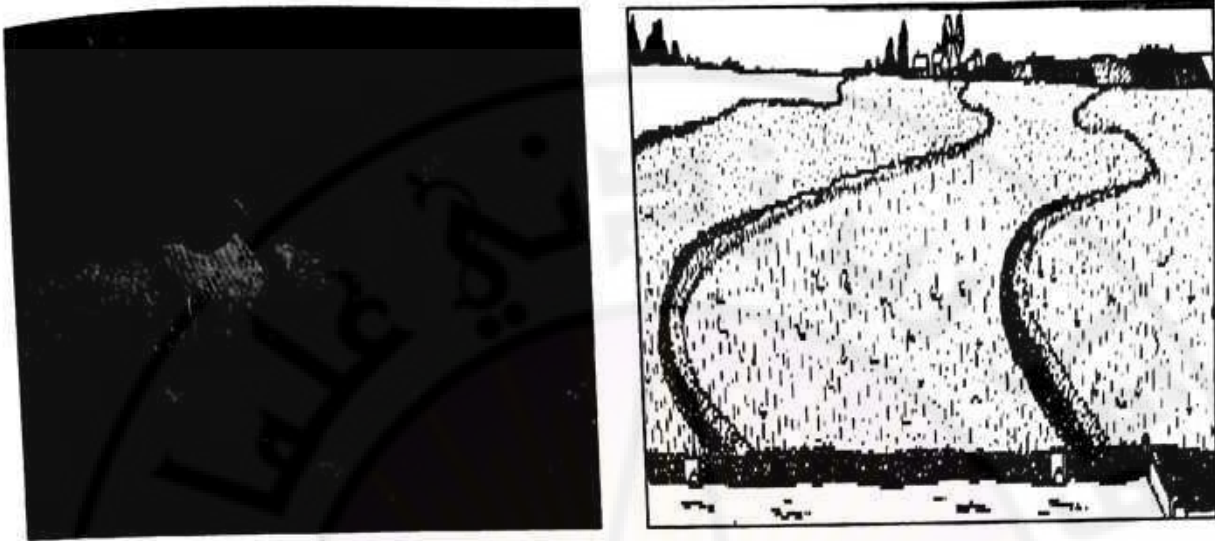


شكل (ب): تأثير وجود انحدار جانبي على حركة المياه في الشريحة

الشكل (6-12): الري بالشرائح ذات الانحدار المنتظم

(3) شريحة كنتورية ذات شكل متعرج **Contour Strip**: تأخذ هذه الشرائح شكل خطوط الكنتور ويتم إنشاؤها في التربة ذات الانحدارات الكبيرة والنفاذية القليلة. حيث تضاف المياه بمعدلات عالية في الجزء الأعلى من الشريحة وعندما

تقترب جبهة تقدم المياه من نهاية الشريحة يخفض التدفق لمنع حدوث جريان السطحي، الشكل (6-13).



شكل (6-13): الري بالشرائح الكنتورية المتعرجة

6-7-3-3- شكل الشريحة ومساحتها: تتصف الشرائح بأشكالها المستطيلة أو المتعرجة، إذ تتراوح أطوالها بين (100-800) م وعرضها بين (3-30) م. يجب أن تكون الشرائح طويلة قدر الإمكان وذلك من أجل تقليل عدد القنوات والمصارف مما يؤدي إلى:

- زيادة الرقعة الزراعية.
- تسهيل حركة وعمل الآلات والمعدات.
- خفض تكلفة إنشاء وصيانة القنوات والمنشآت الأخرى.

• العوامل المؤثرة على مساحة الشريحة:

1) نوع التربة: نظراً للنفاذية العالية التي تتميز بها التربة الرملية، يتم إنشاء الشرائح فيها بأطوال قصيرة (أقل من 100 م) مع مراعاة استخدام تصارييف كبيرة كي تنتشر المياه وتتقدم نحو نهاية الشريحة قبل أن تتسرب إلى أعماق التربة. أما التربة الطينية فهي ذات نفاذية منخفضة وبالتالي تستخدم فيها الشرائح الطويلة مع تصريف منخفض مما يوفر الوقت اللازم لرشح الماء

داخل التربة في أثناء تقدمه ويمنع تراكم المياه لفترات زمنية طويلة على عكس الري بالأحواض الذي يتطلب ركود الماء في الحوض لمدة زمنية معينة كي ترشح ببطء.

(2) **تصريف المصدر المائي:** يسهل الميل في أعلى الشريحة حركة تقدم الماء من بداية الشريحة إلى نهايتها، ففي حال الانحدار الشديد يزداد خطر التعرية وبالتالي يجب استخدام تصارييف أصغر لخفض سرعة تقدم المياه وتقصير طول الشريحة وبالتالي رفع كفاءة الري.

إن وجود الانحدار بالاتجاه العرضي يتطلب إنشاء مدرجات وتسوية الأرض بين الحواجز الطولية.

(3) **انحدار الحقل:** يتناسب الميل بصورة عكسية مع الحد الأعظمي المسموح به من التدفق لكل متر واحد من عرض الشريحة. ويكون الأعظمي المسموح به من التدفق أكبر مع النباتات المعمرة أكبر منه مع النباتات الحولية عند جميع درجات الميل.

6-7-3-4- عرض الشريحة:

يكون التصريف المطلوب لكل متر من عرض الشريحة أكبر في الترب الرملية منه في الطينية، كما أنه يتناسب طردياً مع كل من طول الشريحة وعرضها وميل الأرض.

ومما سبق يمكن تلخيص العوامل المؤثرة على أبعاد الشريحة بالتالي:

- تكون الشرائح في الترب الطينية أطول بكثير مما هي عليه في الترب الرملية.
- تكون الشرائح أطول عند توافر تصريف أكبر.
- تكون الشرائح أقصر في الأراضي الشديدة الانحدار لمنع الانجراف.
- تكون الشرائح أعرض في حالة توافر تصارييف أكبر.

6-7-3-5- إمداد الشرائح بالمياه:

تلعب العوامل التالية دوراً بالغ الأهمية في إمداد الشرائح بالمياه:

- التوافق بين تصريف المصدر المائي ونوع التربة وانحدار الحقل.
- التحكم بمدة تزويد الشريحة بالمياه وكمية المياه المقدمة، حيث ينتج عن إيقاف التدفق بعد مدة قصيرة من بدء الري عدم وصول الماء إلى نهاية الشريحة، كما أن استمرار الري لمدة زمنية أطول من اللازم يمكن أن يؤدي إلى حدوث جريان سطحي عند نهاية الشريحة. ويتم ذلك عبر فتحات تحكم خاصة قابلة للتعديل، ولا ينصح بأخذ الماء من القناة مباشرة بإنشاء فتحة بواسطة معول أو غيره.

وعموماً يتم التوقف عن تقديم المياه للشريحة عند وصول الماء إلى 75% من طول الشريحة، أما الربع الأخير فيتم إمداده بالماء بفعل غمره بالماء الجاري أو من أمواجه وذلك لتجنب تراكم المياه في نهاية الشريحة وتجنب الفقد الكبير في المياه.

6-7-3-6- ميزات الري بالشرائح:

- (1) كفاءة استعمال مياه عالية.
- (2) قلة الحاجة إلى الأيدي العاملة.
- (3) إمكانية استخدام المكننة وذلك بجعل عرض الشريحة من مضاعفات عرض الآليات المستخدمة.
- (4) توفير في المساحات الضائعة بفعل الأكتاف الترابية وخاصة إذا كانت هذه الأكتاف منشأة بشكل جيد.

6-7-3-7- مساوئ الري بالشرائح:

- (1) ارتفاع التكاليف الأولية لهذه الطريقة بسبب عملية التسوية التي لا بد من إجرائها في هذه الطريقة.

(٢) يؤدي عدم انتظام انحدار الشريحة إلى انخفاض تجانس توزيع المياه فيها، حيث تتدفق المياه ببطء في المناطق ذات الانحدارات البسيطة وبسرعة عالية في المناطق شديدة الانحدار مما يؤثر على الزمن اللازم لعملية الرش.

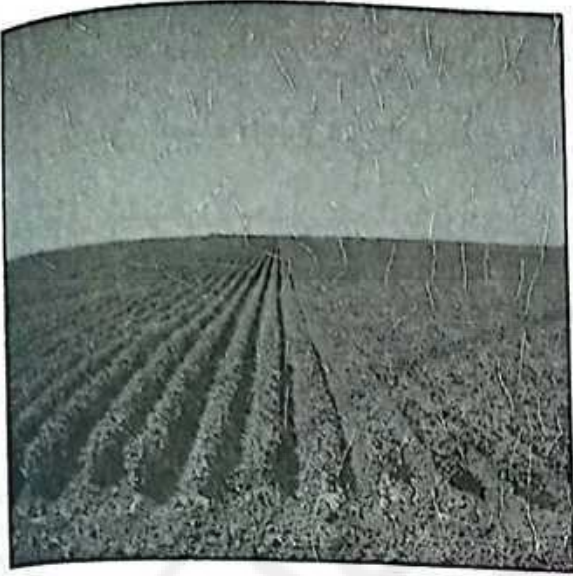
(3) انجراف البذور التي لم تثبت بعد بفعل الماء المقدم للشريحة وخاصة إذا كانت صغيرة مما ينتج عنه عدم تجانس النباتات في الحقل. ولتفادي ذلك يتم إعطاء دفعة كبيرة من الماء قبل البذر بحيث تكون الرطوبة الأرضية بعد هذه الريّة كافية من أجل إمداد البذور بالماء حتى تثبت.

(4) يسبب اختلاف نوع التربة ضمن الشريحة الواحدة عدم انتظام توزيع الماء.

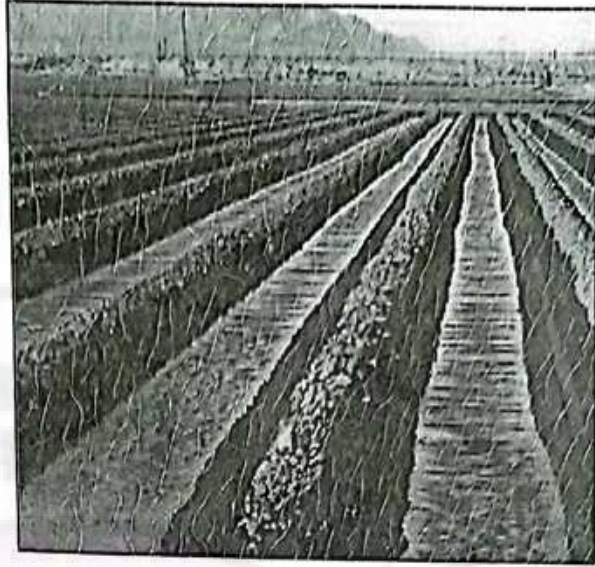
(5) الحاجة إلى تحكم دقيق بالتصريف المائي لتقليل الفواقد.

4-7-6- الري بالخطوط Furrow Irrigation:

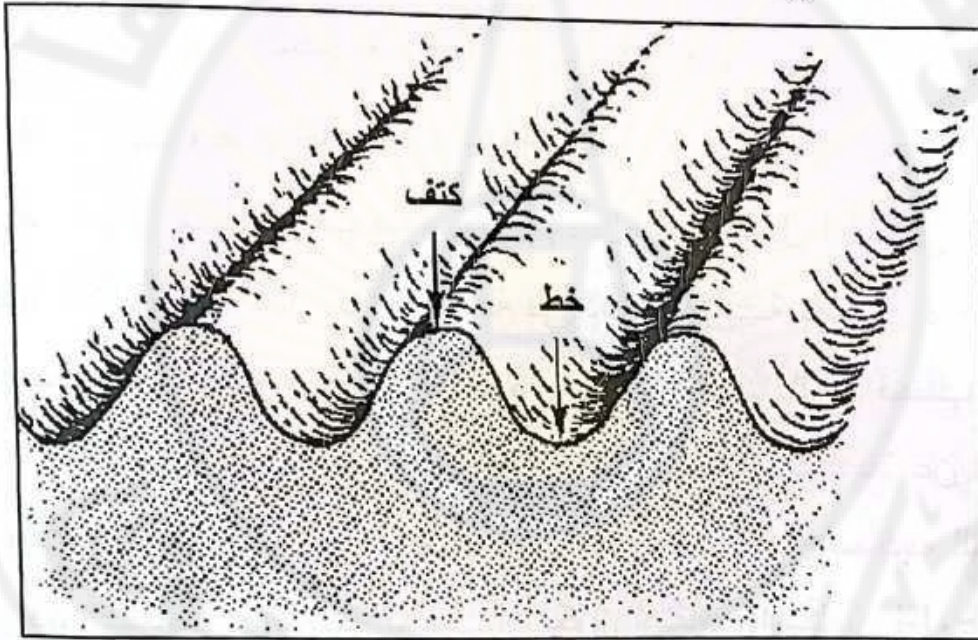
- يتم في هذا النظام إنشاء قنوات صغيرة على طول اتجاه الميل الأساسي للحقل تتقدم فيها المياه بتأثير هذا الميل متسربة في داخل التربة بصورة أفقية- شاقولية حيث يبلل الماء جزء التربة المحصور بين جانبي الخط فحسب لينتقل بعد ذلك تدريجياً إلى الجوانب، وبهذا فإن الري بالخطوط يعد بديلاً عن غمر الحقل بأكمله بالماء (الشكل 6-14، أ، ب) كما يعتبر الخط حالة معاكسة للكتف الترابي فهو انخفاض ضمن التربة بدل أن يكون ارتفاعاً. (الشكل 6-14، ج)
- بعد توزيع الماء عن طريق الحفر أي بواسطة السطور أو الخطوط من أكثر طرائق الري السطحي انتشاراً فهي تناسب المحاصيل المزروعة على صفوف والمحاصيل الحساسة للغمر، من هذه المحاصيل: الذرة والقطن وقصب السكر والخضراوات وأشجار الفاكهة.



(ب)



(ا)



(ج)

شكل (6-14): الري بالخطوط

- يتم في الري بالخطوط شق مصارف ضحلة في نهاية الحقل للتخلص من مياه الري السطحية الفائضة (مياه الجريان السطحي) التي تعد مشكلة رئيسية في الري بالخطوط حيث تصل نسبتها إلى (30%) من كمية المياه المضافة حتى مع وجود إدارة جيدة، وقد تقتضي الضرورة تجميع المياه الفائضة في أحواض

خاصة وإعادة ضخها للاستفادة منها واستعمالها ثانية لأغراض الري دون أن تسبب أضراراً للمحاصيل.

6-7-4-1- العوامل التي يجب مراعاتها عند استخدام نظام الري بالخطوط:

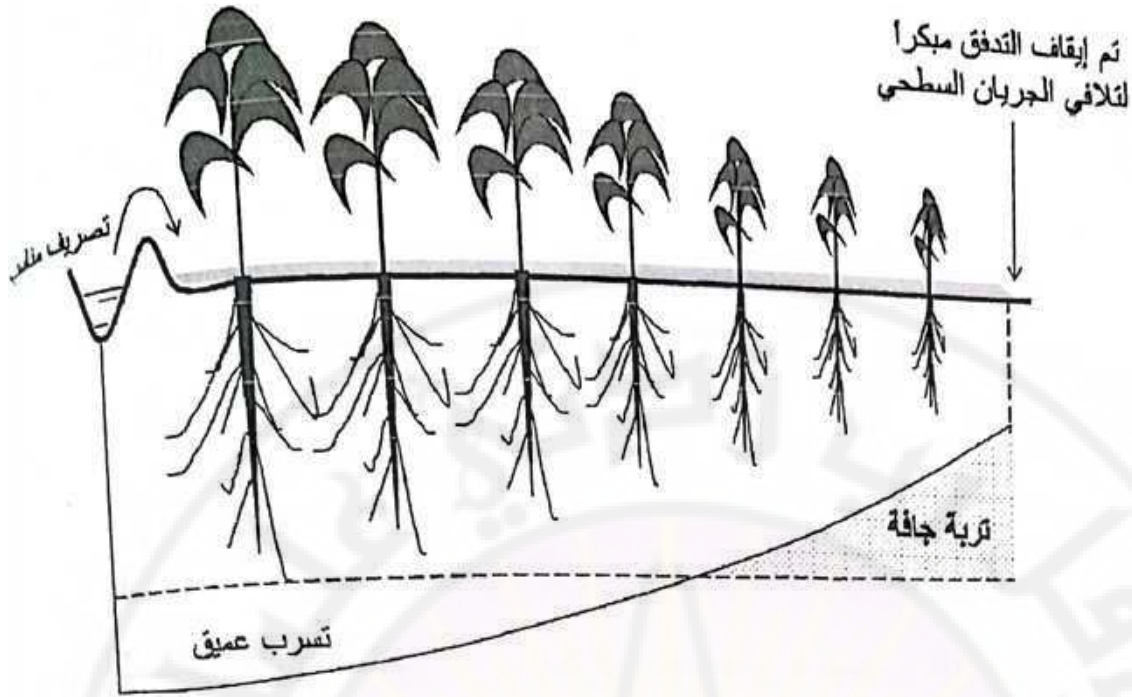
(1) تسوية الأرض: تؤثر تسوية الأرض على كفاءة الري بالخطوط تأثيراً ملموساً، حيث يؤدي عدم انتظام انحدار الحقل إلى انخفاض كفاءة توزيع المياه وتغدق التربة.

(2) الطول المناسب للخطوط مع نوع التربة وانحدارها: تتقدم المياه في الترب الطينية المنحدرة بسرعة كبيرة مما يحول دون تسرب كميات كافية منها في الأجزاء الأولى من الخط مما يؤدي إلى رداءة نمو المحاصيل. يمكن معالجة هذه المشكلة باستخدام تصريف صغير أو إعادة تدريج الأرض وتقليل انحدارها مما يؤدي إلى بقاء تدفق الماء ورشحها بالقدر الكافي.

(3) تجانس قوام التربة ضمن الخط الواحد: يؤدي تعدد أنواع الترب ضمن الخط الواحد إلى انخفاض تجانس توزيع مياه الري ويكون الحل الوحيد لتلافي هذه المشكلة هو إعادة تخطيط هذه الخطوط لتشتمل على نوع واحد من التربة.

(5) المدة الزمنية لطور التقدم: ينجم عادة عن استخدام تصريف صغيرة جداً طول المدة الزمنية لطور التقدم مما يزيد من الفواقد المائية بالتسرب العميق، غير أنه يمكن تقليل هذه الفواقد باختيار التصريف المناسب لظروف التربة.

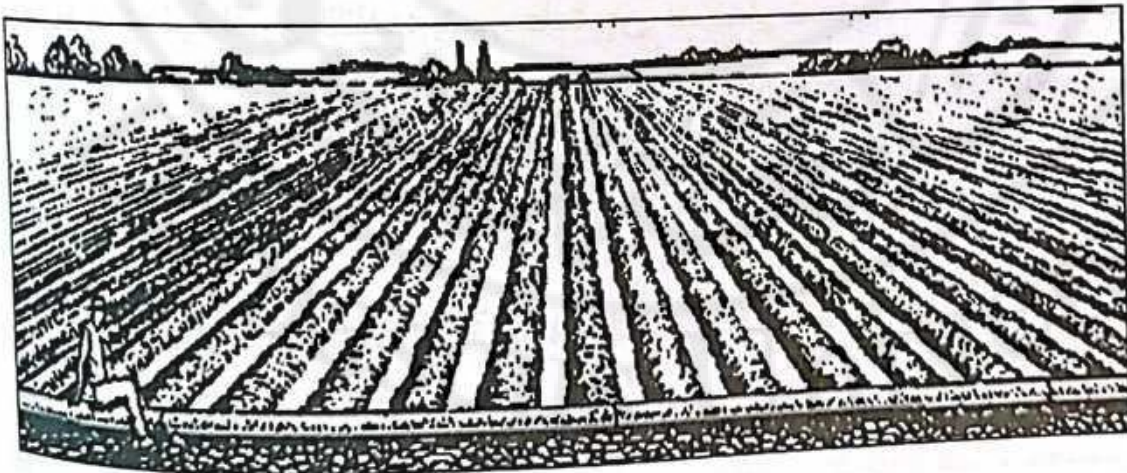
(6) اختيار التوقيت المناسب لإيقاف تدفق المياه: على الرغم من استخدام التصريف المناسب يتم أحياناً إيقاف تدفق المياه قبل الأوان المناسب من أجل تقليل الجريان السطحي مما قد يؤدي إلى رداءة توزيع المياه وعدم حصول النباتات الموجودة في الأجزاء الأخيرة من الخطوط على كميات كافية من المياه (الشكل 6-15).



شكل (6-15): عدم تجانس نمو النباتات نتيجة للإيقاف المبكر لتدفق

6-7-4-2- أنواع الري بالخطوط: تقسم طريقة الري بالخطوط حسب مستوى التسوية ودرجة الانحدار إلى:

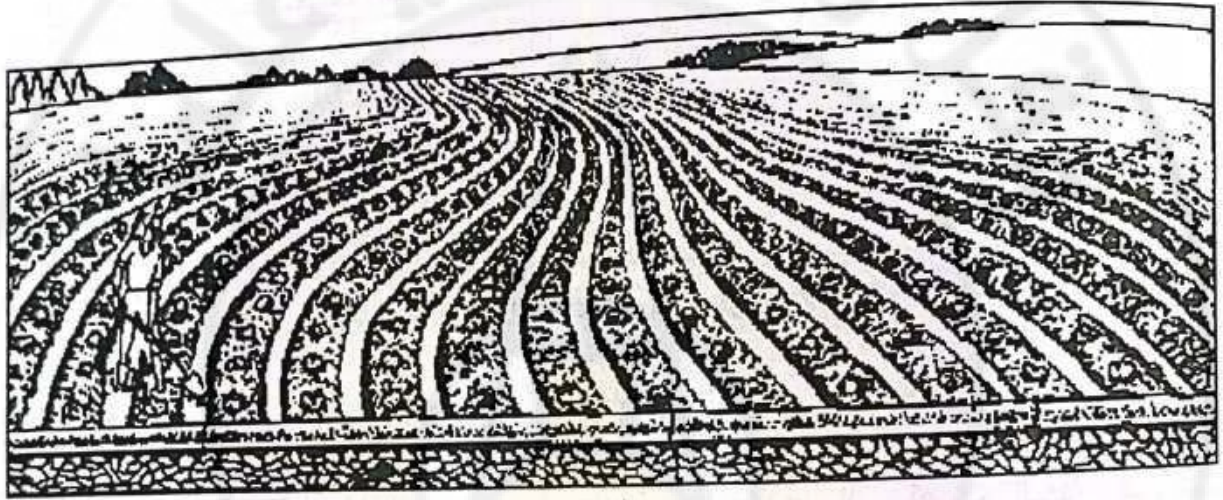
(1) خطوط منتظم الانحدار **Graded Furrows**: وتكون باتجاه الميل الطبيعي للأرض حيث يكون الميل في حدود (0.5) % كحد أدنى. الشكل (6-16).



شكل (6-16): خطوط منتظمة الانحدار

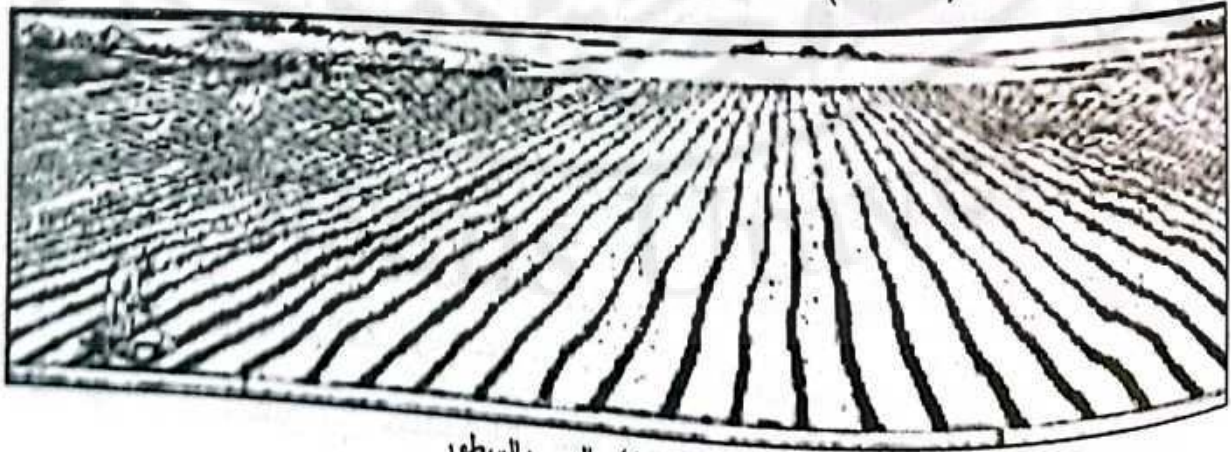
(2) خطوط مستوية **Level Furrows**: تتميز بميل صغير جداً حيث تضاف المياه فيها بكميات قليلة لتتراكم فوق سطح التربة ومن ثم تتسرب.

(3) خطوط كنتورية **Contour Furrows**: يتم إنشاؤها في الأراضي المتموجة شديدة الانحدار باتجاه الميول الكنتورية للأرض، ويدعى الري في هذه الحالة بالري بالخطوط الكنتورية. إلا أن هذه الطريقة تتطلب خبرة خاصة في تهيئة الأرض وإضافة المياه، كما يجب أن لا تستخدم هذه الطريقة في حالة الترب الرملية أو الطينية القابلة للتشقق. الشكل (6-17).



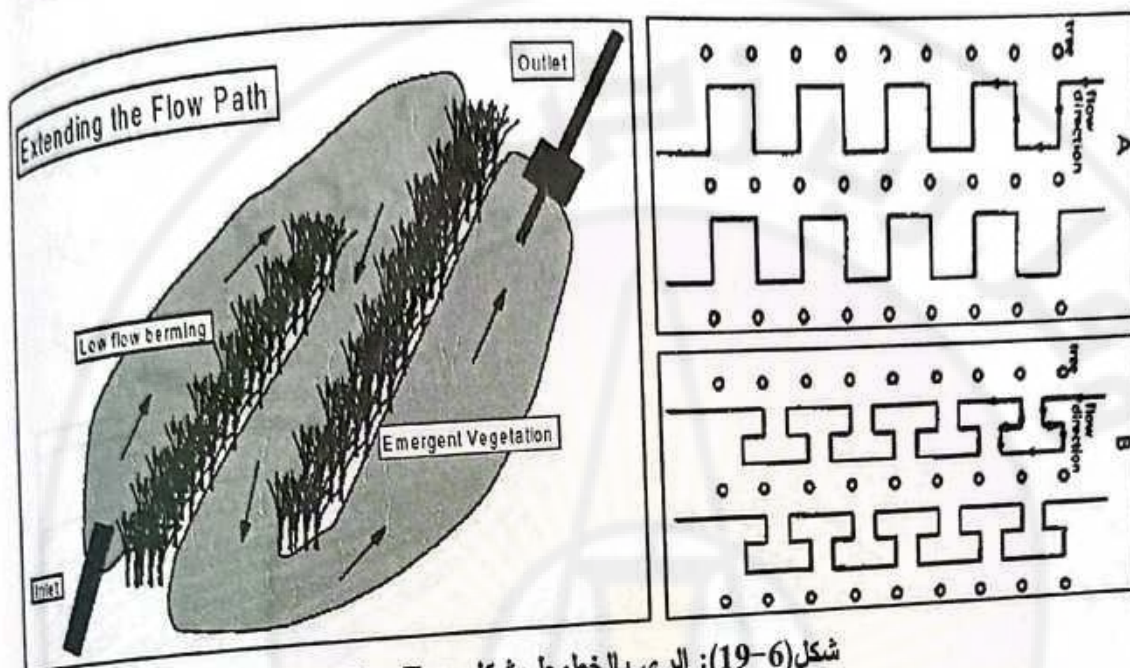
شكل (6-17): خطوط كنتورية

(4) الري بالسطور **Corrugated Furrows**: تناسب هذه الخطوط المحاصيل واسعة الانتشار كالقمح أي المحاصيل التي تزرع عن طريق نثر حبوبها على الأرض. الشكل (6-18)



شكل (6-18): الري بالسطور

(5) خطوط بشكل Zig-Zag: يستعمل هذا النظام لتحسين انتشار الماء فقد يستخدم في الأراضي ذات الميول القليلة أقل من (0.5) % إلى متوسط (1.5-0.5) %، الشكل (6-19)



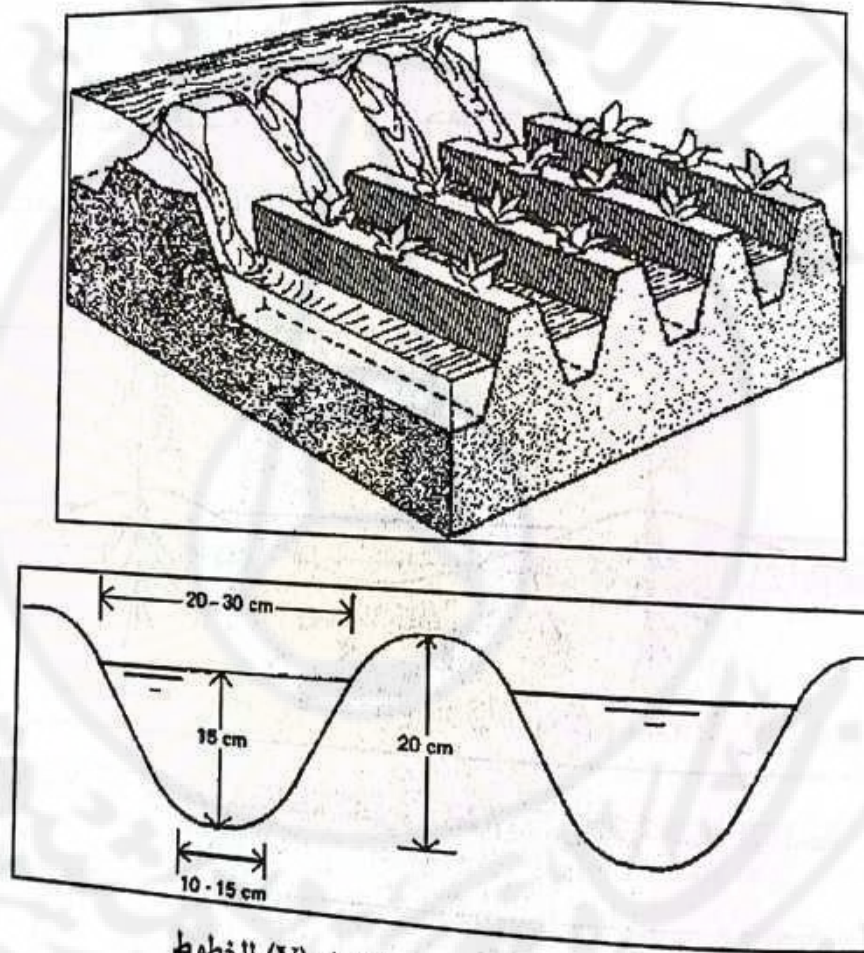
شكل (6-19): الري بالخطوط بشكل Zig-Zag

(6) الخطوط الحوضية Furrow-Basin: يتم إنشاء هذه الخطوط على طول الحقل ثم يتم إنشاء أكتاف عمودية عليها مما يؤدي إلى تقسيم الحقل إلى عدة خطوط حوضية. يراعى في هذه الطريقة عدم غمر هذه الخطوط الحوضية حيث تكون أقرب لطريقة الري بالخطوط . من مميزات هذه الطريقة:

- انخفاض الكلفة والجهد المبذول لعدم الحاجة إلى أعمال التسوية كما هو الحال في الري بالأحواض.
- سهولة التحكم في مياه الري وانتظام توزيعها مقارنة مع الري بالخطوط.
- إعاقة عمليات المكننة الزراعية.
- فقدان جزء كبير من مساحة الأرض في إنشاء الأكتاف مقارنة مع الري بالخطوط.

6-7-4-3- شكل الخط وأبعاده: يلعب شكل الخطوط أهمية كبيرة في كفاءة الري ويكون عادة المقطع العرضي للخط بشكل حرف "V" كما يوضح الشكل (6-20).

أما أبعاد الخط فهي تتبع للعديد من العوامل مثل: تصريف المصدر المائي ونوع التربة والمحصول المزروع. وعموماً يتراوح عرض الخط بين (25-40) سم وعمقه (15-30) سم.

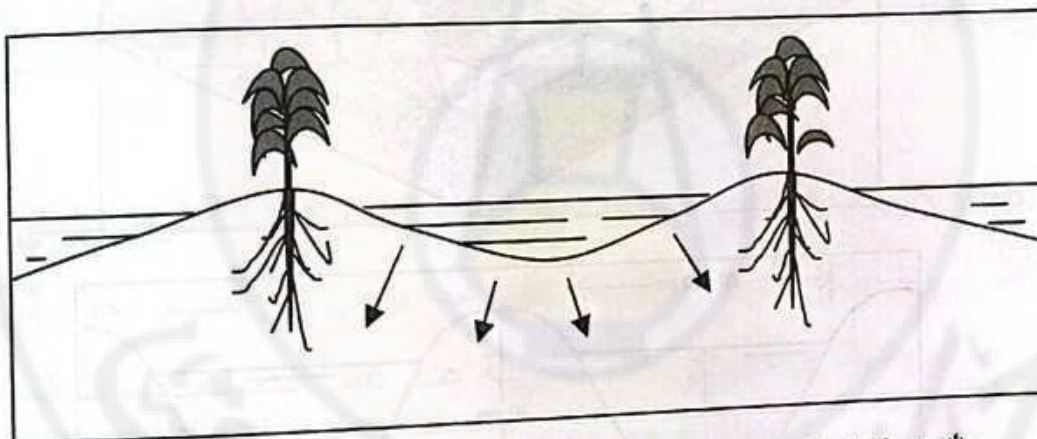


شكل (6-20): شكل تخطيطي يبين الشكل (V) للخطوط

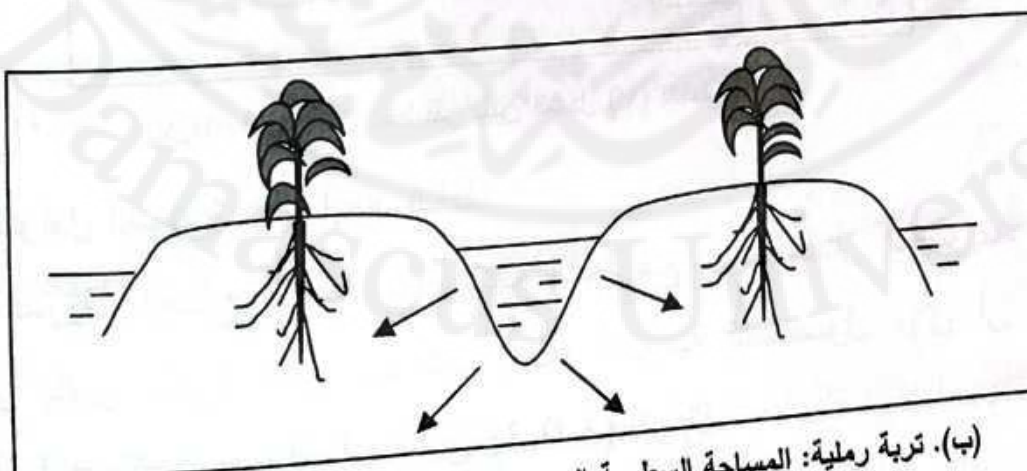
- العوامل المؤثرة على أبعاد الخط:
- (1) التصريف المتاح: يجب زيادة سعة الخط مع زيادة مقدار التصريف المتاح كي يكون قادراً على استيعاب المياه اللازمة للمحصول دون أن ينهار، وتتراوح التصارييف المناسبة بين (0.2-3) لتر/ثا.

(2) نوع التربة: تتميز الترب الطينية بنفاذيتها العالية لذلك يتم إنشاء الخطوط فيها بحيث تكون عريضة وضحلة لزيادة مساحة التربة المعرضة للبلل التي ترشح المياه عبرها الشكل (6-21، أ) ففي حال كانت الخطوط ضيقة فإن المياه ستتنساب فيها بسرعة عالية تمنع استقرارها في التربة مدة كافية لتسربها داخل التربة، كما أن النباتات المزروعة في الأجزاء العالية من الخط قد لا تتمكن من النمو بسبب نقص المياه في هذه الأجزاء.

أما بالنسبة إلى الترب الرملية، فإن سرعة رشح المياه فيها كبيرة مقارنة بالترب الطينية مما يتطلب أن تكون الخطوط ضيقة وعميقة (الشكل 6-21، ب) من أجل خفض مساحة التربة المعرضة للبلل التي ترشح المياه عبرها.



(أ). تربة طينية: المساحة السطحية الكبيرة للخط تزيد من كمية المياه الراشحة



(ب). تربة رملية: المساحة السطحية الصغيرة للخط تقلل من كمية المياه الراشحة

(3) المحصول المزروع: تتطلب عملية البذر أن تكون التربة رطبة تماماً لذلك تكون الخطوط المنشأة في هذه المرحلة ضحلة يتم تعميقها بعد نمو النباتات بهدف تحسين عملية الرش وزيادة تصريف الخط.

كما يمكن تعديل شكل الخطوط لتتلاءم مع المحاصيل الشتوية عن طريق تغيير الميل الجانبية لها من أجل زيادة مساحة سطح التربة المعرضة لأشعة الشمس مما يساعد في تدفئة التربة بسرعة أكبر. الشكل (6-22)



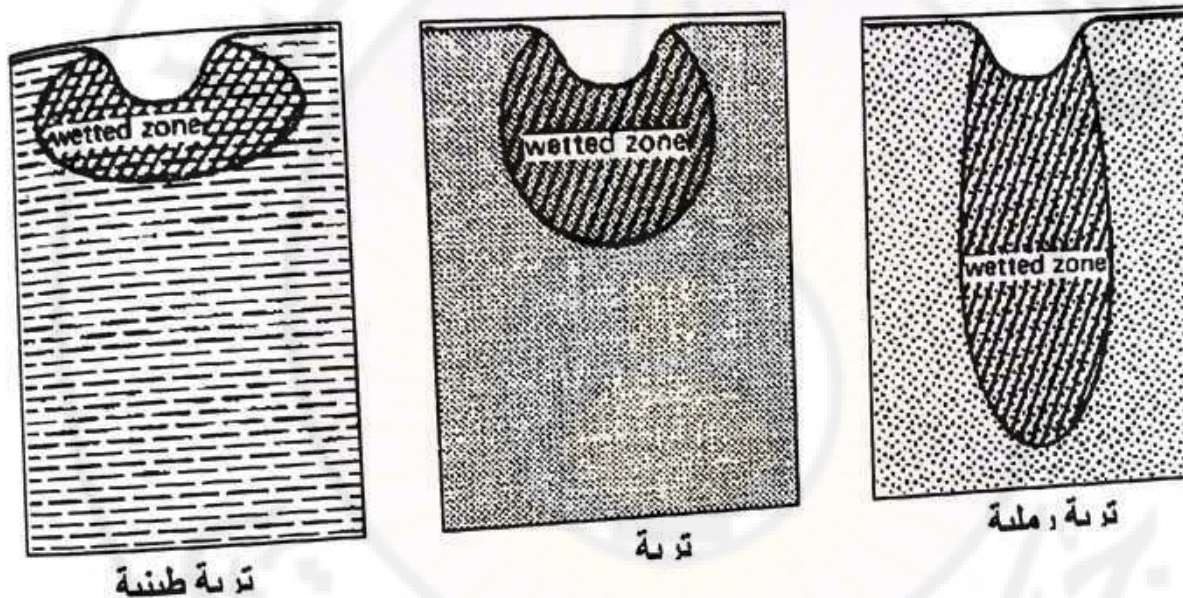
شكل (6-22): يبين كيفية زيادة الميل الجانبي للخطوط من أجل زيادة مساحة التربة المعرضة للشمس

ومما سبق يمكن أن نلخص العوامل المؤثرة على سعة الخط بالنقاط التالية:

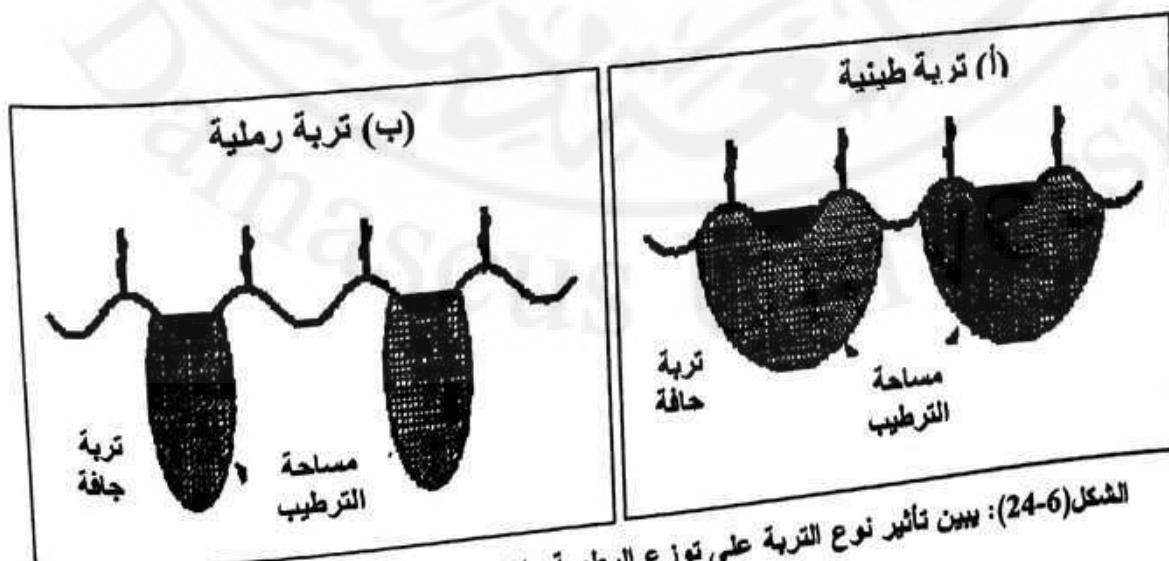
- تكون الخطوط في الترب الطينية عريضة وضحلة بينما تكون ضيقة وعميقة في الترب الرملية.
- يجب زيادة سعة الخط مع زيادة تصريف المصدر المائي المتاح.
- تستوجب مرحلة البذر إنشاء سطور أو خطوط ضحلة يتم تعميقها بعد نمو المحصول.

6-7-4-4- العوامل المؤثرة على المسافة بين الخطوط: تتوقف المسافة بين الخطوط على كل من: حركة الماء في التربة، المحصول المزروع، الآلات المستعملة في الزراعة.

1) قوام التربة: (الشكلين 23-6، 24-6) تكون حركة الماء في التربة عندما يرشح من الخطوط وفقاً لثلاثة اتجاهات: حركة جانبية، وحركة للأسفل بواسطة الرشح، وحركة للأعلى نحو قمة الخطوط بواسطة الخاصية الشعرية. ففي الترب الرملية تكون عادة الحركة الجانبية للماء قليلة مما يستوجب عمل خطوط متقاربة لا تتجاوز المسافة بينها (0.5) م، بينما تكون الحركة الجانبية للماء في الترب الطينية أكثر منها في الترب الرملية فتكون المسافة بين الخطوط في هذه الحالة (1.2) م أو أكثر.

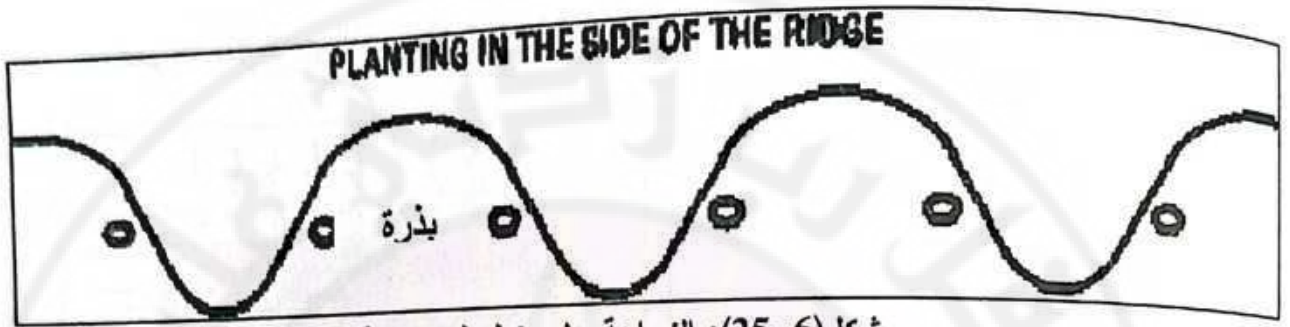


الشكل (23-6): تأثير نوع التربة على شكل مساحة الترطيب



الشكل (24-6): بين تأثير نوع التربة على توزع الرطوبة داخل التربة من أجل تباعد الخطوط نفسه

(2) المحصول المزروع: تتراوح المسافة بين الخطوط من أجل المحاصيل الصيفية عادة بين (0.75-1.0) م، حيث تساعد هذه المسافة على تسهيل أعمال الغرس والحراثة والحصاد. كما يمكن زراعة بعض المحاصيل كالخضروات في خطوط مزدوجة، الشكل (6-25).



شكل (6-25): الزراعة على خطوط مزدوجة

(3) العمليات الزراعية: تتبع المسافة بين الخطوط أحياناً نوع الآليات الزراعية المستخدمة في المزرعة، وغالباً ما تشق الخطوط بنفس العرض على الرغم من اختلاف نوع المحصول أو نوع التربة وذلك لتسهيل العمل بهذه الآلات الزراعية الملائمة لتلك المسافات.

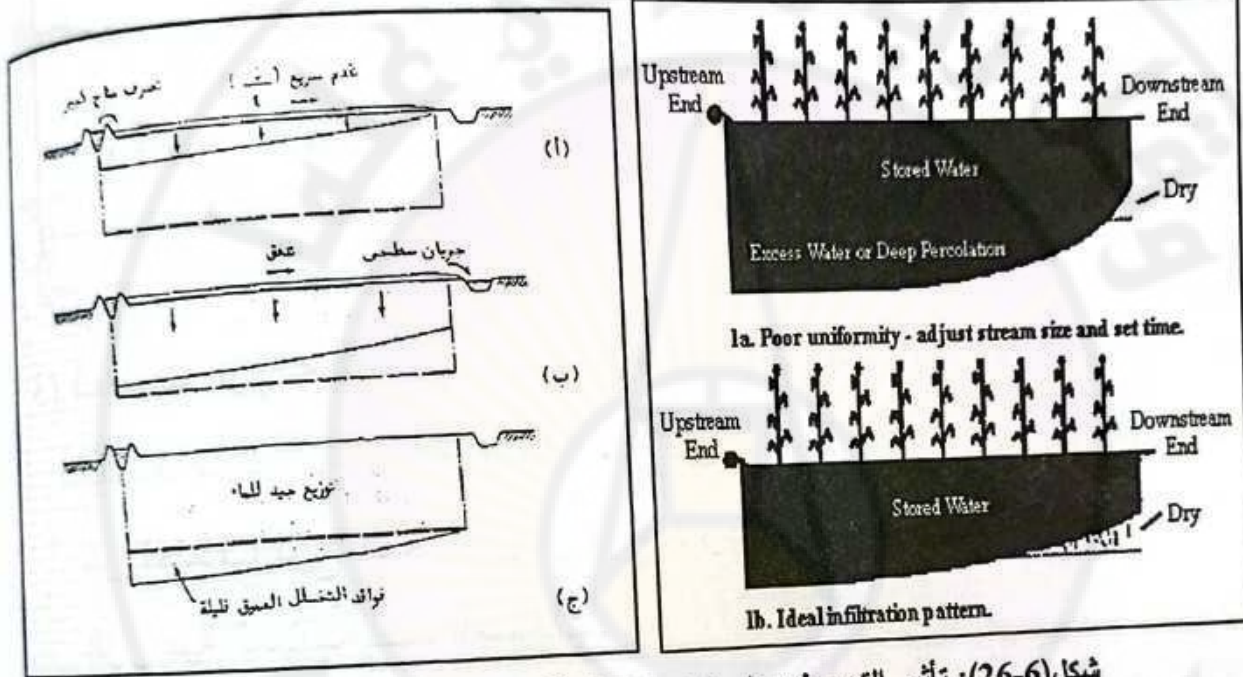
ومما سبق يمكن أن نلخص العوامل المؤثرة على التباعد ما بين الخطوط بما يلي:

- تكون الخطوط في الترب الطينية متقاربة بينما تكون متباعدة في الترب الرملية.
- يراعى نوع المحصول في التباعد بين الخطوط.

6-4-5- العوامل المؤثرة على طول الخط: يتوقف طول الخط على العوامل التالية: التصريف المتاح، نوع التربة، الانحدار، سعة الحقل وشكله، العمليات الزراعية.

(1) التصريف المتاح: يلعب تصريف المصدر المائي دوراً أساسياً في اختيار طول الخط مع مراعاة نوع التربة والمقنن المائي المطلوب، وعموماً يجب

استعمال تصارييف كبيرة بطريقة تحقق تقدم المياه بسرعة وتجانس توزيعها في قطاع التربة على امتداد كل خط وخفض الفواقد بالتسرب العميق (Deep Percolation) إلى أقل ما يمكن وخصوصاً في بداية الخط لأن الماء الذي لا يتسرب بسرعة كافية داخل التربة يفقد في نهاية الخطوط، الشكل (6-26). وعموماً يتراوح التصريف الحدي للانجراف ما بين (2.5-3) لتر/ثانية.



شكل (6-26): تأثير التصريف على توزيع الرطوبة على طول الخط

(2) نوع التربة: يتم إنشاء الخطوط في الترب الطينية بأطوال أعلى منها في الترب الرملية. إذ إن المياه في الترب الرملية تتسرب بسرعة عالية مما يستوجب تقصير طول الخطوط كي تتقدم المياه فيها بسرعة حتى نهايتها البعيدة أما إنشاؤها بأطوال كبيرة فإنه يؤدي إلى فقدان كميات كبيرة من المياه نتيجة للتسرب العميق في الأجزاء القريبة من قناة الري الحقلية. وفي الترب الطينية فينبغي أن يكون طول الخطوط فيها أكبر مما هو عليه في الترب الرملية. ويتراوح طول الخط في الترب الطينية (800) م أو أكثر بينما يبلغ في الترب الرملية (100) م أو أقل.

(3) الانحدار: يراعى أن تكون الخطوط أطول في الأراضي التي لا يتجاوز انحدارها (0.3%)، أما في حالة الأراضي شديدة الانحدار فينبغي استخدام تصارييف صغيرة وتقصير الخطوط لتجنب حدوث الانجراف، وذلك لأن زيادة الانحدار تؤدي إلى زيادة سرعة جريان الماء في الخطوط وبالتالي ارتفاع خطر الانجراف.

(4) عمق الماء المضاف: من أجل أعماق ري أكبر يتم إنشاء الخطوط بأطوال أكبر لإتاحة المدة الزمنية الكافية لتقدم الماء نحو نهاية الخط.

(5) سعة الحقل وشكله: بشكل عام يتم إنشاء الخطوط في الحقول الصغيرة بأطوال مساوية لطول الحقل، أما في الحقول الكبيرة فقد يقسم الحقل الواحد إلى جزأين متساويين لتأمين وصول المياه إلى الخطوط بالتساوي.

(6) العمليات الزراعية: يجب أن يكون طول الخط من الوجهة الزراعية أطول ما يمكن لخفض عدد القنوات والمصارف الحقلية وبالتالي زيادة الرقعة الزراعية وتسهيل عملية استخدام المعدات الزراعية.

ومما سبق يمكن أن نلخص العوامل المؤثرة على طول الخط بما يلي:

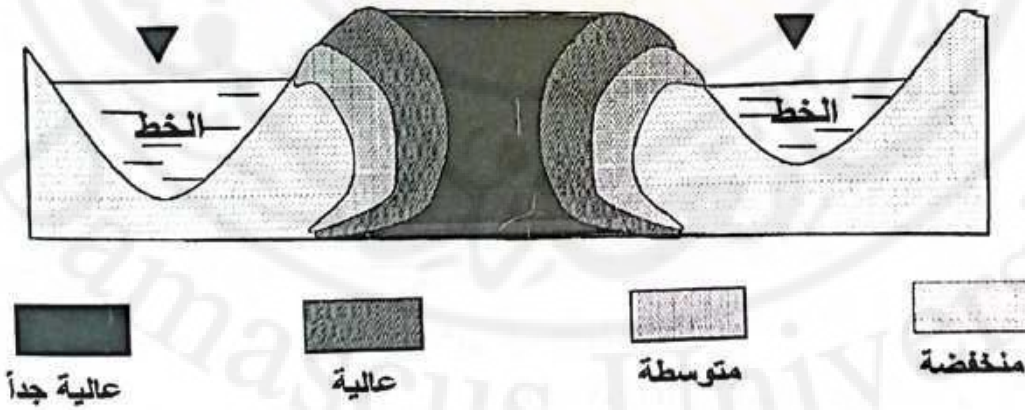
- تكون أطوال الخطوط أعلى مع زيادة التصريف المتاح
- الخطوط في الترب الطينية أطول منها في الترب الرملية
- مع زيادة الانحدار ينبغي تقصير الخطوط وتخفيض التصريف والعكس صحيح.

6-4-7-6- انحدار الخطوط: ينبغي أن تكون الخطوط مستقيمة وموازية لحافة الحقل وذات انحدار يتراوح ما بين (0.02-0.05)% ومتفقاً مع انحدار الأرض، وعموماً يجب ألا يقل الانحدار في الري بالخطوط عن (0.05)% لتأمين تدفق المياه في الخطوط وصرف أي مياه سطحية فائضة عن الحاجة، ولا يتجاوز

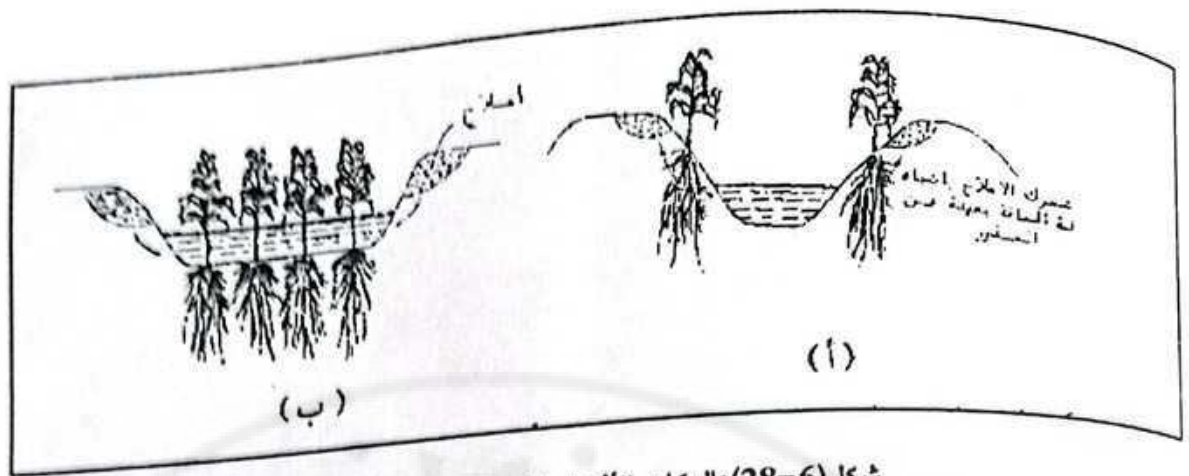
(2)% لحماية التربة من الانجراف الذي يعد شائع الحدوث في الري بالخطوط نتيجة لانحصار تيار الماء ضمن قنوات صغيرة، كما ينبغي ألا يتجاوز (0.3)% في المناطق ذات الهطولات المطرية المرتفعة.

6-7-4-7- المحاصيل المناسبة للري بالخطوط:

- تروى معظم المحاصيل الصيفية بالخطوط، كما يمكن ري أشجار الفاكهة بواسطتها حيث توفر هذه الطريقة الممرات اللازمة في البساتين ولا تغمر مياه الري فيها كامل الحقل فهي تبلل جزءاً فقط من سطح الأرض.
- كما يجب مراعاة مكان زراعة المحصول عند ري محصول حساس للملوحة بمياه مالحة، إذ يجب أن تغرس عادة على جانب حافة الخط ولا تزرع في قمته، بسبب تراكم الأملاح التي لم يتم غسلها أو التخلص منها على الجوانب العلوية من الخطوط، كما يبين الشكلان (6-27) و (6-28، أ).
- أما في المناطق الجافة حيث مياه الري محدودة، تزرع النباتات غالباً في أرضية الخطوط لتتمكن من امتصاص أكبر كمية ممكنة من المياه ولخفض تأثير الملوحة عليها. (الشكل 6-28، ب)



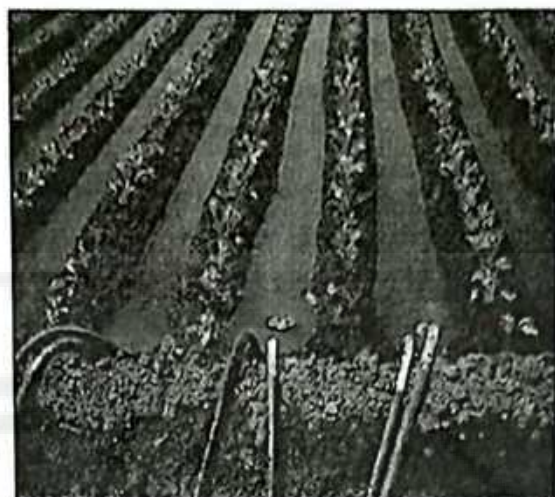
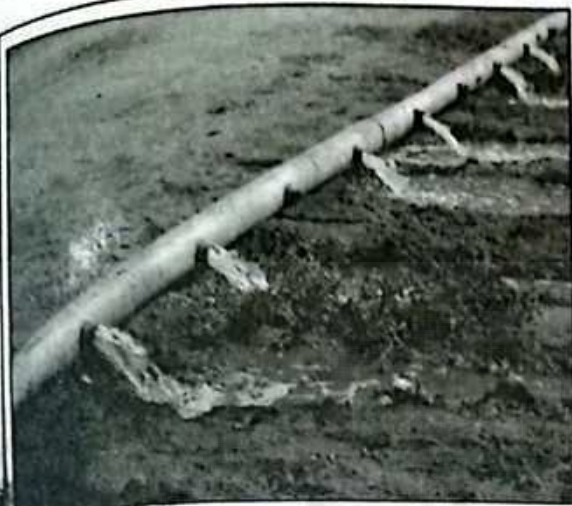
شكل (6-27): يبين كيفية تراكم الأملاح في الري بالخطوط



شكل (6-28): المكان الأفضل الذي يجب فيه الزراعة

6-7-4-8 - إمداد الخطوط بالمياه:

يتم توصيل المياه لكل خط من الخطوط بواسطة السيفونات (Siphons) كما يوضح الشكل (29، أ) أو الأنابيب المبوبية (Gated Pipe) (الشكل 29، ب) أو باللجوء إلى الممارسة القديمة بإنشاء فتحات في جوانب قناة التغذية (الشكل 29، ج)، إلا أن إنشاء هذه الفتحات من شأنه أن يجعل جوانب قناة التغذية ضعيفة التماسك حتى بعد إغلاقها مما يجعل الرشح خلالها مستمراً ويصعب التحكم في الكمية الفعلية للمياه الداخلة للحقل وقياسها.



(ب): إمداد الخطوط بالمياه بواسطة البوابات

(أ): إمداد الخطوط بالمياه بواسطة السيفون



(ج): إمداد الخطوط بالمياه بإنشاء فتحات ترابية

شكل (6-29): طرائق إمداد الخطوط

الري السطحي المطور Surface Irrigation Modernization Or Developed Surface Irrigation

- تتركز أهداف عملية ترشيد المياه في المجال الزراعي على التحول من الري السطحي إلى الري الحديث، ويعود ذلك إلى الأسباب التالية:
- تنني كفاءة الري السطحي على اختلاف أنواعه حيث تتراوح كفاءته بين (40-50)%.
- يزيد من ملوحة التربة.
- يؤدي إلى تلويث المياه الجوفية نتيجة لتسرب الملوثات الموجودة في المياه الزائدة إلى مستوى المياه الجوفية.
- ضياع مساحة الأراضي القابلة للزراعة بنسبة تتراوح بين (30-50)% فيما لو تم استخدام وسائل الري الحديث.
- وعلى الرغم ما تتميز به طرائق الري الحديثة (رذاذ - تنقيط) من تحقيقها لكفاءة ري عالية إلا أنه توجد مجموعة من الأسباب التي تعيق استخدام هذه الطرائق ومنها:
- ارتفاع الكلفة التأسيسية وتكاليف التشغيل والصيانة .
- صغر الحيازات الزراعية وتفتتها.
- عقلية الفلاح الذي اعتاد على الري باستخدام وسائل الري السطحي.
- الحاجة إلى يد عاملة خبيرة في لتشغيل وصيانة تجهيزات الري الحديثة.
- لذلك فقد كان العمل على تطوير الري السطحي بهدف رفع كفاءته ضرورة حتمية جنباً إلى جنب مع التشجيع على التحول إلى الري الحديث.

7-1- ضرورات الري السطحي المطور ومبرراته:

(1) ازدياد المساحات المروية بطرائق الري السطحي: تقدر المساحة المروية في الوطن العربي تقريبا بنحو (15) مليون هكتار حيث يسود الري السطحي في نحو (85)% من هذه المساحة. وفي دول مثل السودان ومصر والمغرب وموريتانيا واليمن التي تزيد نسبة المساحة المروية فيها على (79)% من إجمالي المساحة المروية في الوطن العربي، تسود نظم الري السطحي التقليدي فيها بما يعادل (97)% من إجمالي المساحة المروية فيها.

(2) ارتفاع نسبة الاستخدام الزراعي للمياه في الدول العربي: تقدر نسبة الاستخدام الزراعي للموارد المائية في الدول العربية بنحو (89)% من إجمالي استخداماتها، بينما تبلغ هذه النسبة (70)% في باقي دول العالم.

(3) تدني كفاءة الري السطحي: يحتاج الري السطحي إلى إضافة كمية من المياه أكبر من الاحتياجات المائية للمحصول من أجل تحقيق التوزيع المتجانس والمنتظم للمياه مما يؤدي إلى زيادة كمية المياه المهدورة والضائعة.

7-2- مجالات تطوير الري السطحي:

7-2-1- رفع كفاءة نقل وتوزيع المياه من المصدر المائي إلى الحقل :Conveyance System

- تستخدم في معظم مشاريع الري السطحي القنوات الترابية المفتوحة (المكشوفة) التي تتميز بكفاءة نقل منخفضة ناجمة عن العوامل التالية:
- الفواقد المائية التي تقدر بنحو (20)% وتتمثل في الضياعات التالية:
 - ضياعات ناجمة عن التسرب من قاع الأقنية وجدرانها.
 - ضياعات ناجمة عن التبخر - نتج من الأعشاب النامية في الأقنية.
 - التسربات الناتجة عن الكسور والتشققات الحاصلة في الجسور والعبارات المقامة على هذه الأقنية.

- موقع القناة أو شكلها.

• كما تتأثر عملية تبطين الأقنية بالعوامل التالية:

- الموقع المحدد
- قوام التربة ومقدار اندماجها
- اليد العاملة المنفذة لهذه العملية
- المناخ السائد في أثناء عملية التبطين.



(ب): تبطين الأقنية



(أ): رصف الأقنية

شكل (1-7): رصف وتبطين الأقنية

2-1-2-7- استبدال القنوات الترابية بشبكة من الأنابيب Canal

Replacement with Pipeline: يتضمن استبدال القنوات الترابية بشبكة

أنابيب العديد من الفوائد منها:

- (1) خفض ضياعات التسرب والرشح وتحسين كفاءة النقل على مستوى المزرعة.
- (2) تأمين الضاغط المطلوب.
- (3) خفض تكاليف الصيانة.

4) الحد من مشكلة نمو الأعشاب وترسب الطمي التي ترافق القنوات الترابية المكشوفة وذلك نتيجة للسرعة العالية للمياه ضمن الأنابيب بسبب صغر قطرها مقارنة مع القنوات الترابية.

5) سهولة أتمة شبكة الري نظراً لسهولة التحكم بكميات مياه الري الواجب تقديمها تبعاً لاحتياجات المحصول. ويرجع ذلك إلى صغر مساحة المنشآت المقامة على شبكة الأنابيب وخفة وزنها نظراً لصغر مساحة مقطع الأنابيب مقارنة مع مساحة مقطع القنوات.

7-2-1-3- منشآت التحكم بمعدل التدفق وزمنه وطاقته:

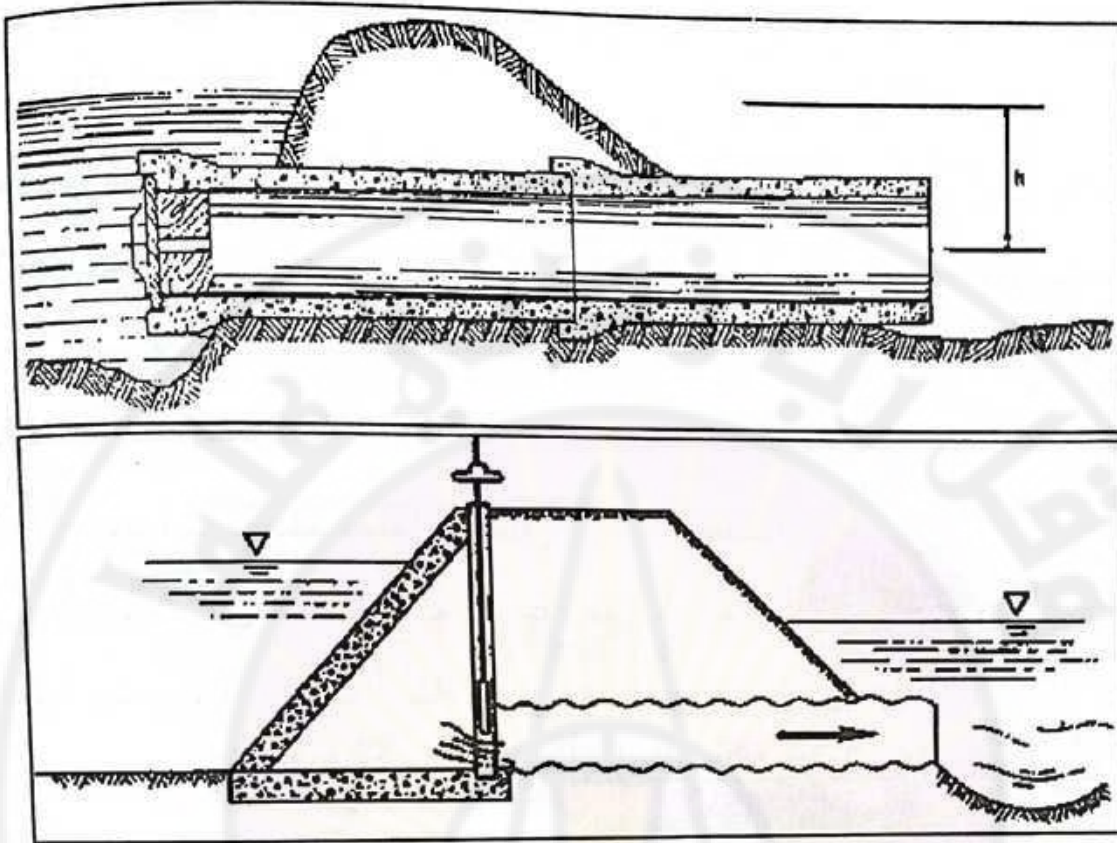
تزود أنظمة الري السطحي بمجموعة من المنشآت التي تتحكم بمعدل تدفق المياه وزمنه بهدف تأمين تدفق مياه الري بشكل ثابت ودقيق باختلاف الظروف للوصول إلى كفاءة ري عالية على مستوى الحقل مع الأخذ بالحسبان إمكانية جدولة الري عن طريق التحكم بهذه المنشآت. يمكن تصنيف هذه المنشآت بحسب وظيفتها إلى: منشآت التحويل، منشآت التحكم بالتدفق وإدارته، منشآت قياس التدفق.

7-2-1-3-1- منشآت التحويل (Turnouts) Diversion structures:

تستمد معظم أنظمة الري السطحي مياهها من الأنهار أو من قنوات الري العامة باستخدام منشآت التحويل الشكل (7-2) التي يتم إنشاؤها على ضفة تلك القنوات بهدف تحويل جزء من مياهها إلى شبكة قنوات الري السطحي، وهي بدورها تؤدي عدداً من المهام تتضمن:

- التحكم بكمية المياه اللازمة وفقاً لحصة المياه الممنوحة لمساحة معينة.
- قياس كمية التدفق
- حماية المنشآت اللاحقة من خلال التحكم بكمية الرواسب وتخمين طاقة التدفق الحركية الزائدة.

وقد تكون هذه المنشأة بيتونية أو عبارة عن أنبوب.

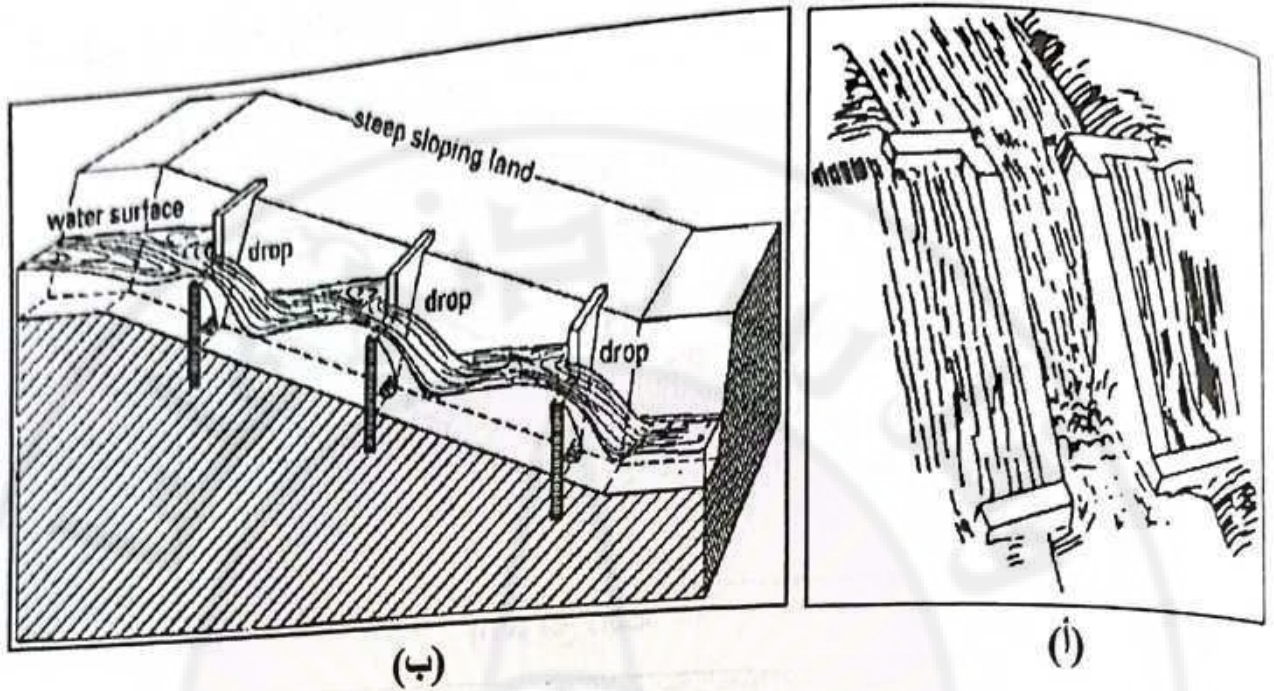


شكل (7-2): المحولات Turnouts

7-2-3-1-2 منشآت التحكم بالتدفق وإدارته: تتضمن منشآت إدارة تدفق المياه والتحكم بها ما يلي: المساقط، الموزعات، المكابح، أجهزة قياس معدل التدفق وكمية الرواسب، منظمات مستوى المياه.

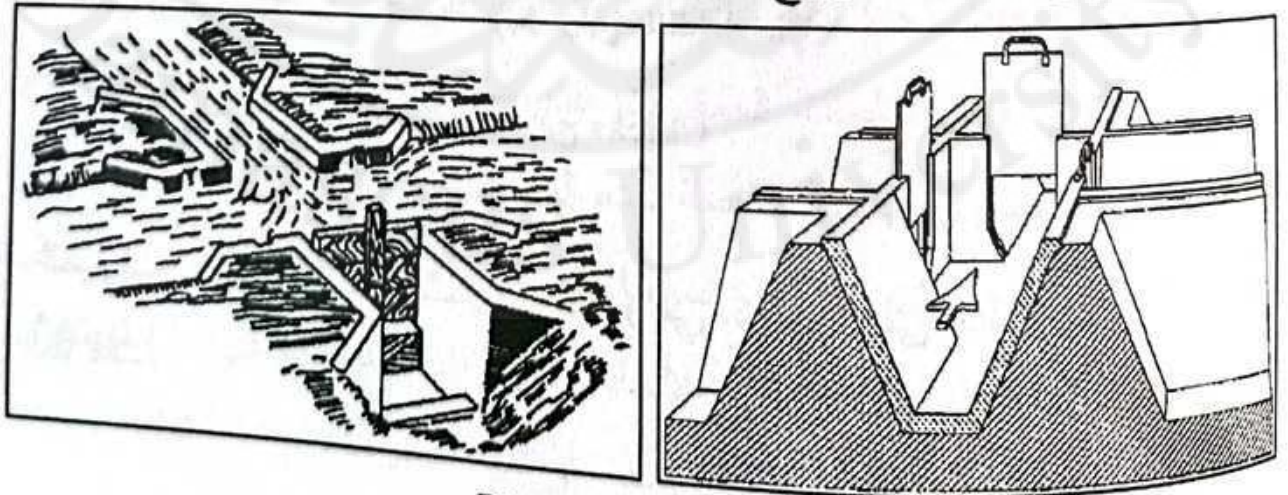
(1) المساقط Drops: (الشكل 7-3، أ، ب) تستعمل المساقط عندما تكون هناك فروق كبيرة في ارتفاع القناة، حيث تعمل على خفض انحدارها بهدف تفادي السرعات العالية للتدفق والحد من خطر الانجراف. يتم تقسيم القناة بواسطة هذه المساقط إلى سلسلة أقسام مستوية نسبياً يقع كل منها على ارتفاع معين، (الشكل 7-3، ب). تعد المساقط (Drops) والموزعات (Dividers) - (الشكل 7-4) - من أكثر منشآت التحكم بالتدفق في القنوات المفتوحة شيوعاً، وهي تحتاج إلى تصميمها

وتنفيذها بصورة دقيقة نظراً للارتباط الوثيق بين أبعاد هذه المنشآت وردود أفعالها الهيدروليكية.



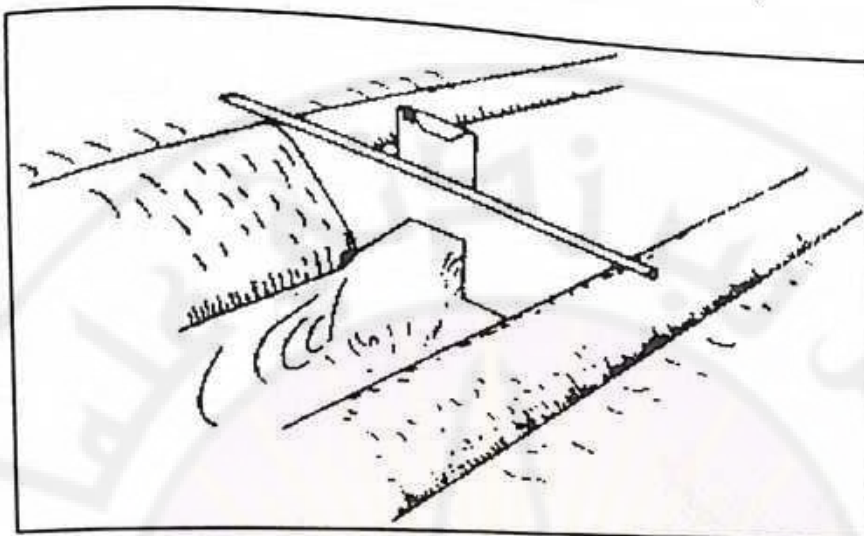
شكل (3-7): المساقط Drops

(2) منشآت التوزيع (الموزعات) Dividers: وهي تعد كما ذكر سابقاً من أكثر منشآت الري السطحي شيوعاً وتتطلب تصميماً وتنفيذاً دقيقين. وتعمل هذه المنشآت كما يوضح الشكل (4-7) على توزيع المياه أو توجيهها بين قناتين أو أكثر عن طريق فتحات الموزع المزودة ببوابات.

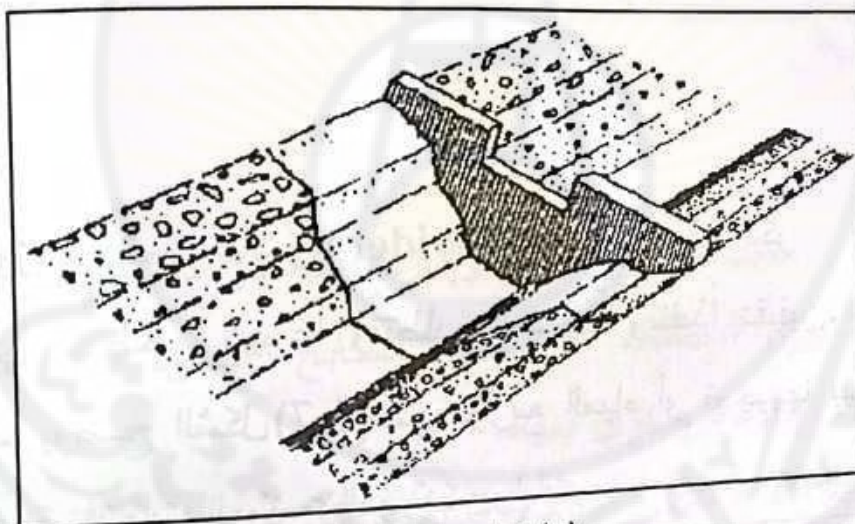


شكل (4-7): الموزعات Divider

(3) الكوابح Checks: يتم وضع المكابح على طول المجرى المائي بهدف إيقاف تقدم المياه فيه عند الحاجة وبهدف رفع مستوى الماء داخل المجرى. تكون هذه المكابح إما دائمة (الشكل 5-7 أ) أو متنقلة (الشكل 5-7 ب).



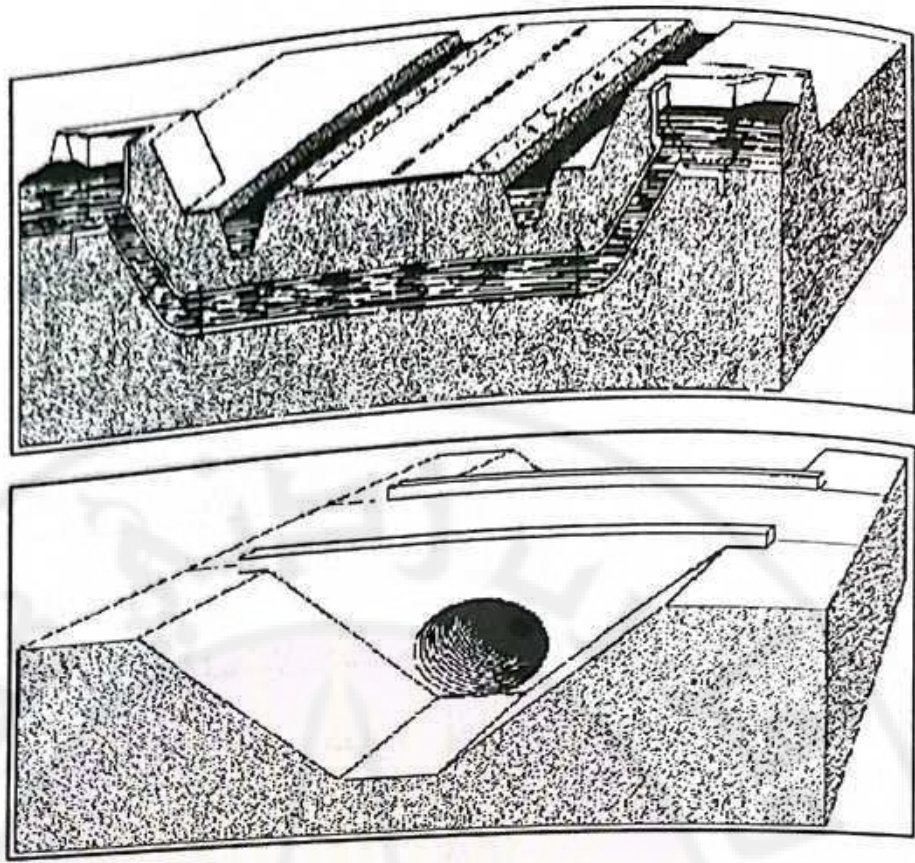
(أ) كوابح دائمة



(ب) كوابح متنقلة

شكل (5-7): الكوابح Checks

(4) العبارات Culverts: الشكل (6-7) وهي تعمل على نقل مياه الري عبر الطرقات.

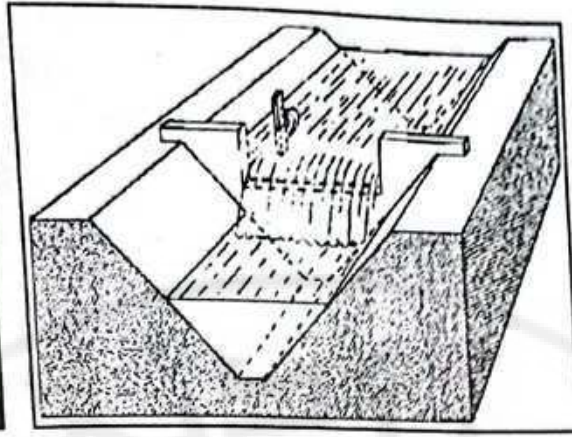


شكل (6-7): العبارات Culverts

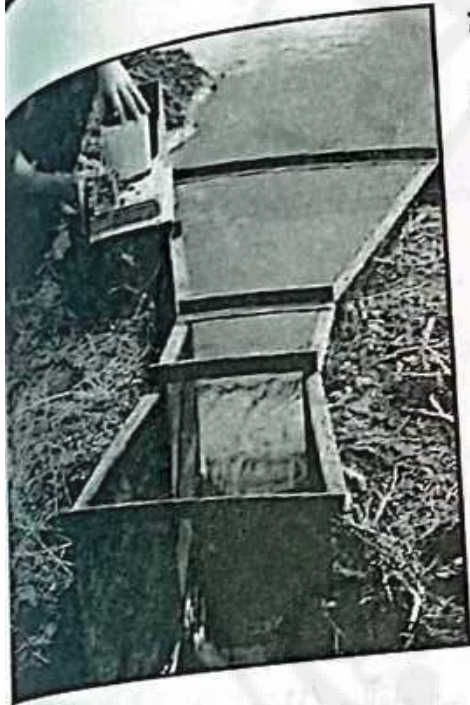
7-2-1-3-3- منشآت قياس التدفق: تهدف عملية قياس كمية مياه الري بشكل أساسي إلى رفع كفاءة استخدام وتوزيع مياه الري خصوصاً في المناطق التي تكون فيها المياه مأجورة، حيث تسمح هذه المنشآت للمزارع بمعرفة كمية المياه التي أضافها خلال كل رية.

تعد الهدارات (Weirs) والقنوات الصناعية (Flumes) أكثر منشآت قياس تنفق المياه شيوعاً، حيث يُحدد عمق المياه بواسطتها عن طريق مقاييس تكون هذه المنشآت مزودة بها، ومن قياسات العمق يتم تقدير معدل تدفق المياه باستخدام معادلات قياسية أو جداول قياسية خاصة بهذه المنشآت.

1) الهدارات Weirs: يتألف الهدار عموماً من جدار خشبي أو معدني أو خرساني مزود بشق أو فتحة أو شق معروفة الأبعاد عند حافته العليا (الشكل 7-7) قد تكون هذه الفتحة مستطيلة الشكل أو بشكل مثلث أو شبه منحرف.



شكل (7-7): الهدارات Weirs



(2) القنوات الصناعية Flumes: مثل قناة

بارشال Parshall flumes هي عبارة

عن قناة معدنية أو خرسانية ذات تصميم

خاص يتم تركيبها ضمن القناة لتقدير

تدفق المياه، وهي تتألف من ثلاثة أقسام

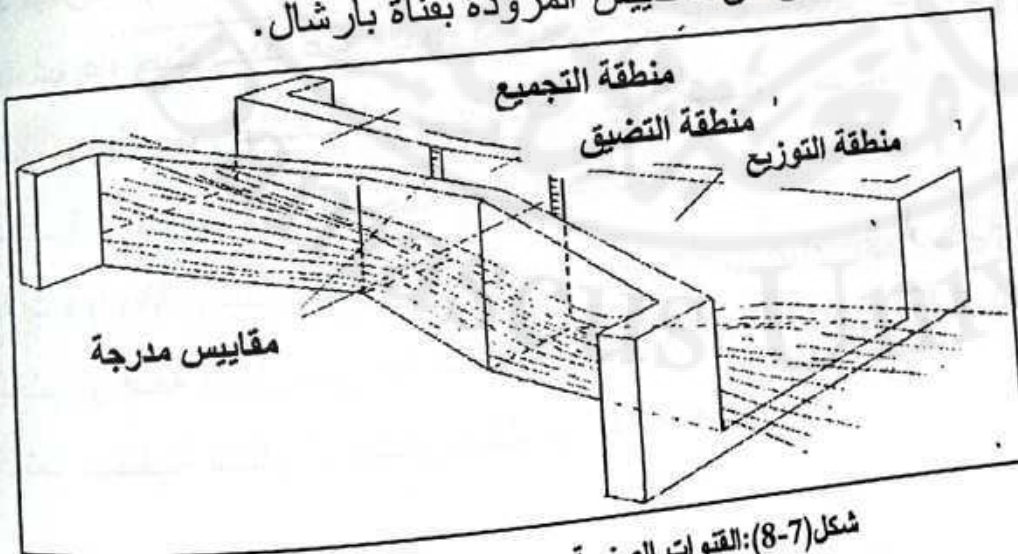
كما يبين الشكل (8-7) هي:

(1) منطقة التجميع.

(2) منطقة التضيق.

(3) منطقة التوزيع.

ويتم أخذ قراءات التدفق من المقاييس المزودة بقناة بارشال.

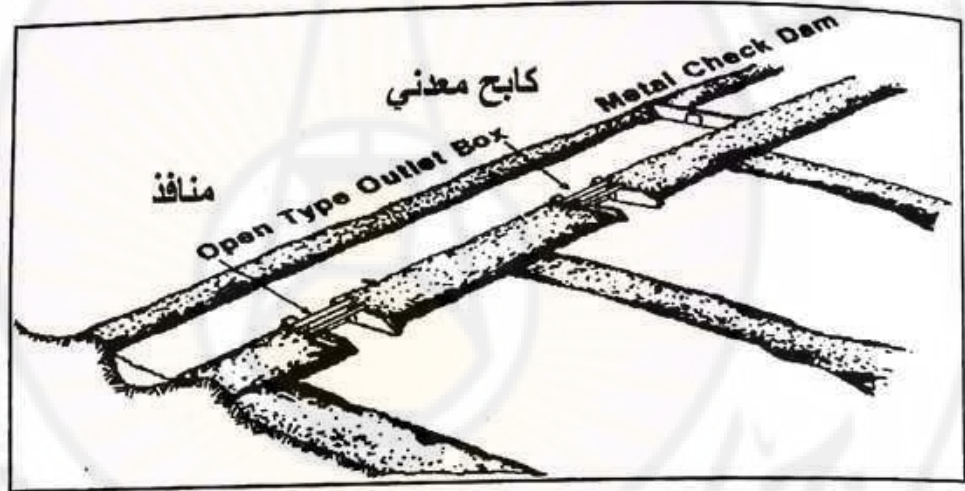


شكل (8-7): القنوات الصناعية Parshall Flume

2-2-7 رفع كفاءة توزيع المياه ضمن الحقل Field Distribution System

تستمد معظم الحقول مياهها من قناة ري حقلية رئيسية أو أنبوب ري حقلي رئيسي يمتد على طول الجهة العلوية من الحقل ومن ثم يتم توزيعها على كامل مساحة المروية وفق عدة معدات تختلف باختلاف طريقة الري المتبعة وتتسم كونها بسيطة ومدروسة:

(أ) الفتحات الترابية أو المنافذ: يتم إنشاؤها على طول القناة الحقلية الرئيسية (الشكل 9-7) وتعمل على توزيع مياه الري داخل نظام الري وغالباً ما تستخدم مع الري بالأحواض والري بالشرائح



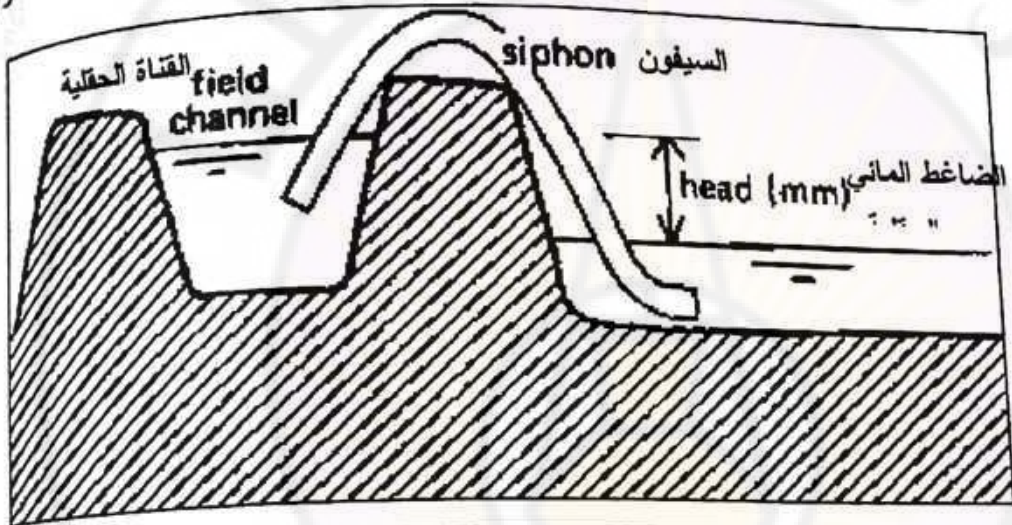
(أ) المنافذ - ري بالشرائح



(ب) الفتحات الترابية - ري بالأحواض

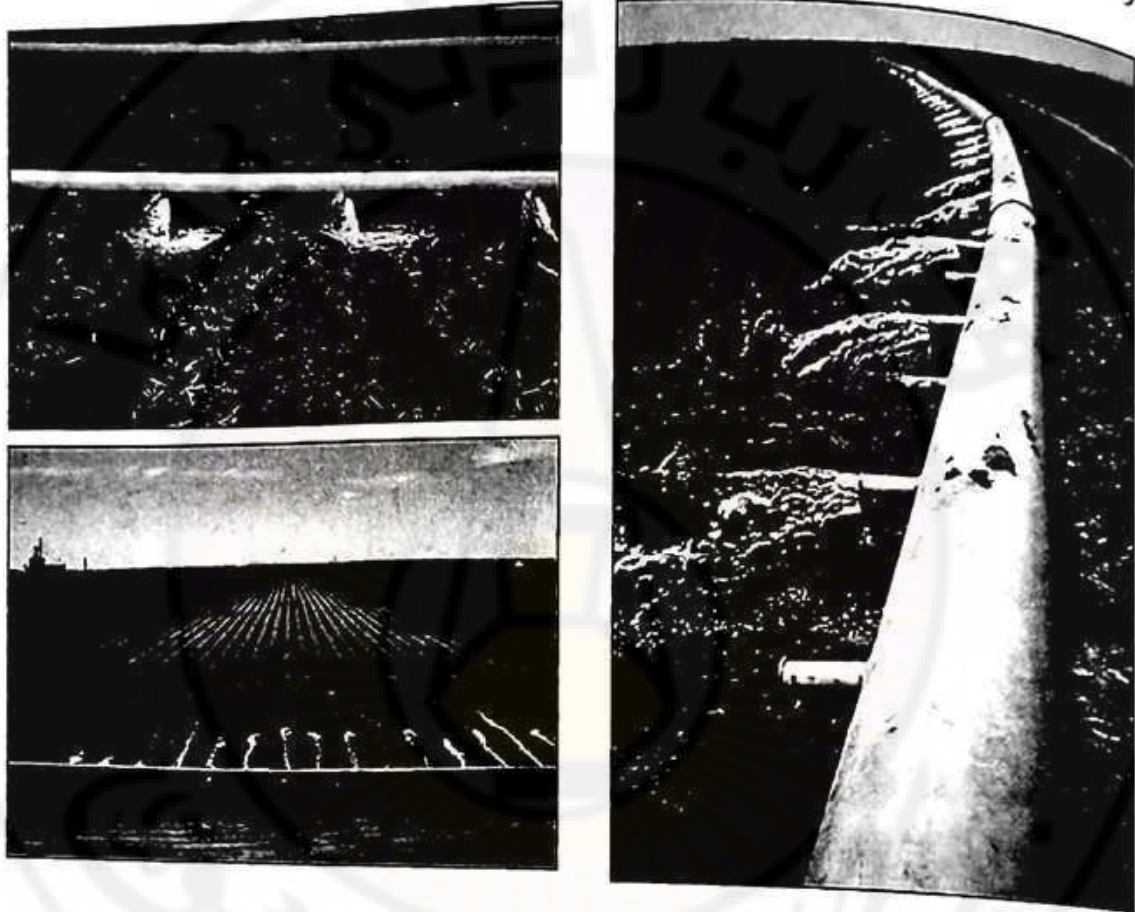
شكل (9-7): المنافذ والفتحات الترابية مع نظامي الشرائح والأحواض

(2) السيفونونات Siphons: تستخدم السيفونونات عادةً (الشكل 7-10) مع الري بالخطوط لتوصيل المياه من قناة الري الحقلية إلى كل خط من هذه الخطوط. وتتميز السيفونونات بأنها تؤمن تدفقات متساوية تقريباً. والسيفون عبارة عن أنبوب مصنوع من البلاستيك أو الألمنيوم يتم وضعه على حافة قناة الري الحقلية المفتوحة لنقل المياه منها إلى الخط، ويتم التحكم بمعدل التسفق عبر السيفون من خلال التحكم بفرق الارتفاع بين مستوى الماء في القناة وطرد السيفون من جهة الحقل أي من خلال التحكم بفرق الضاغط مع مراعاة المحافظة على مستوى ثابت للمياه ضمن القناة الحقلية وذلك باستخدام كروية متحركة.



شكل (7-10): السيفونونات Siphons

(3) الأنابيب المبوبة **Gated Pipes**: (الشكل 7-11) فهي عبارة عن أنابيب صلبة أو مرنة مزودة بفتحات متساوية البعد والقطر ويتم تحديد كمية التدفق من هذه الفتحات من خلال ضبط وتحديد قطر الفتحة وتتميز هذه الطريقة بإمكانية وضعها في وسط الحقل وبالتالي تقليل طول الخطوط وزيادة كفاءة استعمال وانتظام المياه.



شكل (7-11): توزيع المياه ضمن الحقل باستخدام الأنابيب المبوبة

(4) صمام **Alfalpa**: يستخدم هذا الصمام مع الأنابيب المدفونة تحت سطح التربة حيث يعمل على توزيع مياه الري على الحقل بواسطة فتحة قائمة رافعة (الشكل 7-12، أ) ويستخدم مع الري بالشرائح (الشكل 7-12، ب) أو بالأحواض (الشكل 7-12، ج) حيث يمكن استخدام عدة صمامات ضمن الشريحة الواحدة أو الحوض الواحد.



شكل (7-12): صمام Alfalfa

7-2-3- رفع كفاءة أنظمة الري السطحي ضمن الحقل:

يتم تحسين كفاءة الري السطحي ضمن الحقل من خلال خفض فواقد التسرب والمياه المهدورة في نهاية الحقل مما يؤدي إلى رفع كل من كفاءة استعمال المياه وكفاءة التوزيع. ويمكن أن يتم ذلك باتباع الأنظمة والتقنيات التالية:

7-2-3-1- الري بالدفقات Surge Flow

7-2-3-2- الري المنقول (Cablegation) Trans Irrigation

7-2-3-3- تسوية الأرض Land Leveling

7-2-3-4- جدولة الري Schedule Irrigation

7-2-3-5- نظام إعادة استعمال المياه الضائعة في نهاية الحقل Tail Water Reuse System

7-2-3-6- نظام الري السطحي ذو النهاية المسدودة Blocked-end Surface Irrigation

التي تتناولها بالتفصيل فيما يأتي:

2-3-1- الري بالدفعات Surge Flow:

بعد الري بالدفعات نظاماً من أنظمة الري السطحي المطور يتم بواسطة الماء بشكل متقطع وفقاً لسلاسل زمنية يعكس الري التقليدي الذي تقدم فيه الري بصورة مستمرة مما يؤدي إلى تغيير في عمليات التسرب في التربة حيث ينخفض معدل التسرب في معظم الحالات بشكل ملحوظ بسبب انخفاض نفاذية الطبقة السطحية مما يسمح بتقصير زمن التقدم و بالتالي انتظام توزيع المياه في السطح مما يشير إلى زيادة كفاءة استعمال الري السطحي وكفاءة توزيعه وتقليل التسرب من المياه بالتسرب العميق وفي نهاية الخط. وقد تم تطبيق هذا النظام أول مرة في عام 1979.

ويعزى انخفاض معدلات التسرب نتيجة للري بشكل متقطع في نظام الري
لأسباب التالية:

1- التسرب المياه لدى إضافتها إلى الخط تحت تأثير فرق الطاقة بمعدل مرتفع ينخفض تدريجياً حتى يصل إلى قيمة ثابتة تتعلق ببناء التربة تدعى هذه القيمة بمعدل التسرب الأساسي. وفي الري بالدفعات فإن قطع المياه عن الخط وتصارها سيؤدي إلى تخفيض فرق الطاقة إلى حد يسرع الوصول إلى معدل تسرب الأساسي أي سيخفض معدل التسرب.

2- في أثناء طور الري يجذب الضغط السالب في التربة الحبيبات الناعمة إلى داخل الأنابيب الشعرية المتشكلة بين حبيبات التربة الكبيرة، أما طور التوقف فيعطي الفرصة لهذه الحبيبات للانتظام في بنية طبقية أي سيؤدي إلى اندماج طبقة السطحية من التربة مما يضعف قدرتها على امتصاص الماء وبالتالي انخفاض معدلات التسرب. ويمكن ملاحظة اندماج الطبقة السطحية بعد مرور (15-5) دقيقة من الانحسار الكامل للماء.

(3) يؤدي انتفاخ حبيبات التربة إلى إغلاق مسامات التربة.

7-2-3-1-1-1 مبدأ عمل نظام الري بالدفقات: يتضمن الري بالدفقات المياه في دورات زمنية ذات تواتر ثابت أو متغير من التشغيل والإيقاف الري المطلوبة حيث تتقدم في كل دورة المياه وتتحسر على جزء من طول الدورة وتتألف كل دورة من طورين (شكل 7-13):

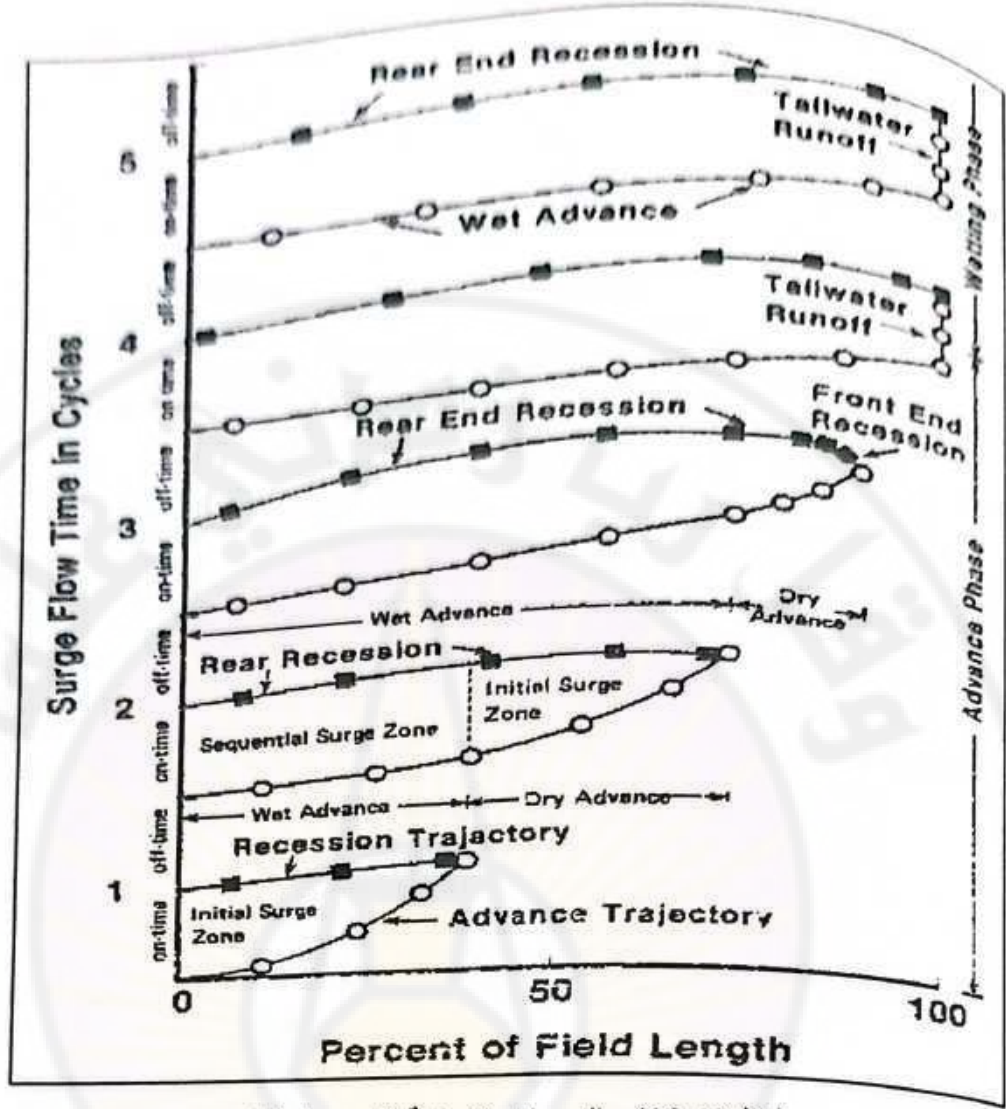
- طور الري: وهو الزمن الذي يتدفق فيه الماء في الخطوط.
- طور التوقف: يطلق عليه اسم زمن الإيقاف وهو الزمن الفاصل بين الدفقة وبداية الدفقة التالية. مما يعني أن زمن الدورة يساوي إلى:

$$\text{زمن الدورة} = \text{طور الري} + \text{طور التوقف}$$

يتطلب التطبيق الأمثل للري بالدفقات تحديد معدل التدفق وزمن الدورة من أجل العمق المحدد المراد ترطيبه إضافة إلى تحديد الظروف الحقلية. وقد أثبتت دراسات عديدة أن طور التقدم على طول الخط من أجل تسويق محدد مطبق عليه يجب أن يكتمل خلال (4-6) دورات (الشكل 7-13)، حيث يستخدم عدد أكبر من الدورات إلى خفض التجانس بينما يؤدي استخدام عدد أقل إلى تقديم كميات كبيرة من المياه.

7-2-3-1-2-2 تجهيزات نظام الري بالدفقات Surge flow Components (1) الصمام: يتكون الصمام بشكل رئيسي من جسم على شكل حرف (T) الشكل (7-14) - تُقاد المياه بواسطته إلى الاتجاه اليميني أو اليساري بواسطة

جهاز التحكم الإلكتروني المزود بوحدة إعادة شحن (لوحة طاقة شمسية) ومحرك يستمد تغذيته من مدخلة خاصة.



شكل (7-13): الدورات الزمنية للري بالدفعات

(2) **جهاز التحكم:** (الشكل 7-14) يقوم هذا الجهاز بالتحكم بالصمام عن طريق برامج داخلية في ذاكرته تعتمد بشكل أساسي على زمن التقدم وهو الزمن اللازم لتقديم المياه إلى نهاية الحقل في مجموعة واحدة من الخطوط والذي يتعلق بعدة عوامل منها عدد الدورات وزمن الدورة. وقد تتمكن بعض أجهزة التحكم من حساب زمن الدورة وعدد الدورات اللازم من أجل زمن معين يعطى لها من خلال معلومات مبرمجة ومخزنة في ذاكرتها.

(3) **أنبوب مبوب (Gated Pipe) - الشكلين (7-15، 7-16)**



شكل (7-15): توزيع المياه باستخدام الأنابيب

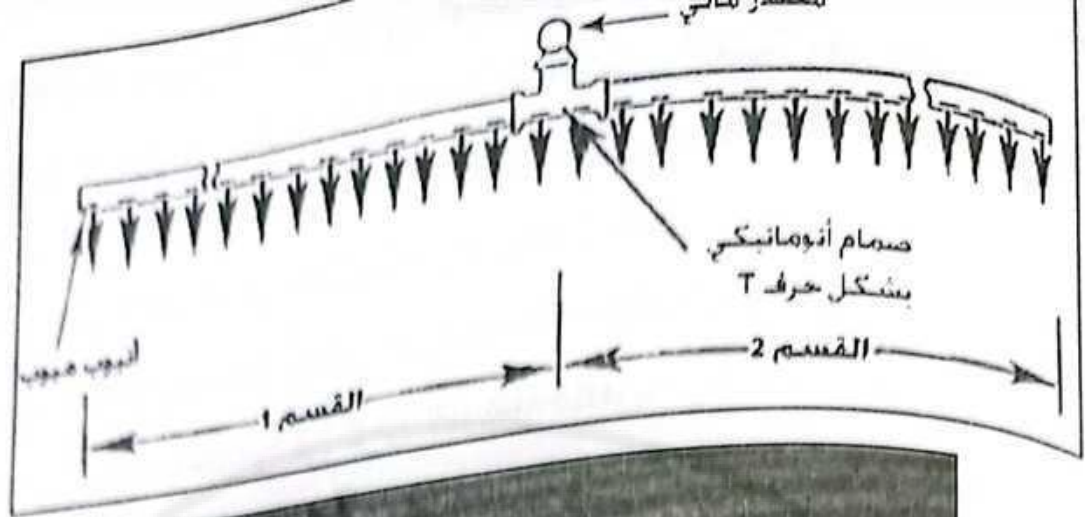


الشكل (7-14): صمام بشكل حرف T للتحكم
بنظام الري بالدفعات ثنائي الخط
مع جهاز تحكم مزود بخلايا شمسية على
سطحه العلوي

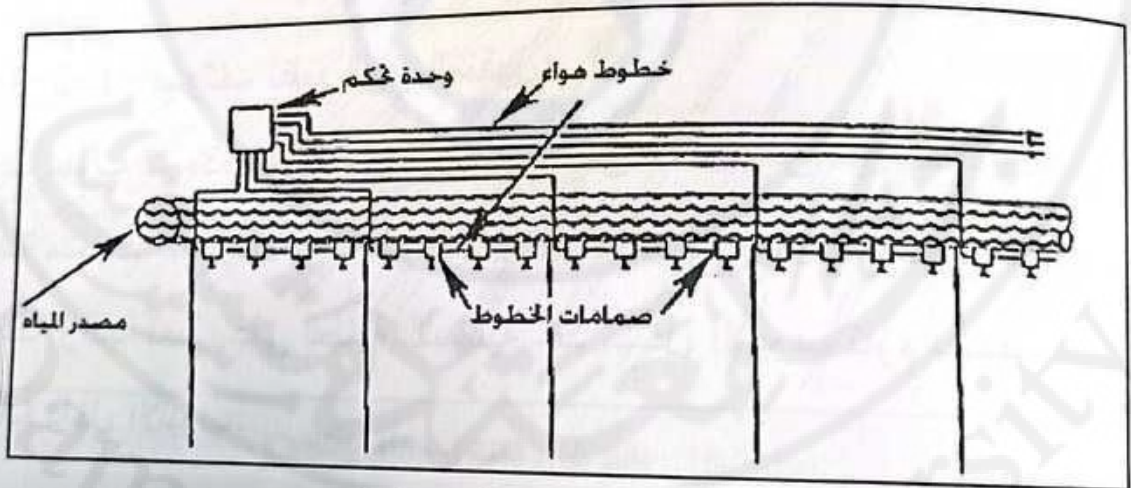
7-2-3-1-3- أنواع أنظمة الري بالدفعات: يوجد شكلان تجاريان من أنظمة الري بالدفعات يستخدم كل منهما تجهيزات معينة ويقتصران في الوقت الحالي على الري بالخطوط:

(1) النظام ثنائي الخط: (الشكل 7-16) يتم تزويد الحقل بالماء في هذا النظام عبر أنبوب مبوب Gated Pipe مكون من قسمين متساويين يتوضع بينهما الصمام (T) مع جهاز التحكم، ويكون الصمام (T) في هذه الحالة مبرمجاً لتحويل التدفق من اتجاه لآخر عبر الأنبوب إما بصورة أوتوماتيكية أو يدوية.

(2) النظام أحادي الخط: (الشكل 7-17) يتكون من أنبوب مبوب متصل مع المصدر المائي، ويتم التحكم بمعدل التدفق على طول الأنبوب بوساطة جهاز تحكم وحيد يضبط الزمن ومعدل التدفق وتعاقب تقديم المياه إلى الخطوط عبر مخرج الأنبوب المبوب. يعد هذا النظام أكثر ملاءمة من النظام ثنائي الخط.



شكل (7-16): نظام ري بالدفعات ثنائي الخط



شكل (7-17): نظام ري بالدفعات أحادي الخط

7-2-3-1-4- مميزات نظام الري بالدفعات وسليبياته:
(1) رفع كفاءة التوزيع وخفض ضياعات المياه بالتسرب العميق وفي نهاية الحقل وذلك بسبب انخفاض معدلات التسرب على طول الخط الأمر الذي يؤدي إلى

تقليص زمن التقدم ورفع انتظام توزيع المياه في الحقل.
(2) يسمح نظام الري بالدفعات بإجراء ريات خفيفة (50-70) مم يمكن أن تقدم بشكل متجانس ويصعب تطبيقها في الري المستمر التدفق.

(3) قابليته للأتمتة مما يزيد من إمكانية التحكم بالتدفق المطبق وفق سلاسل من أزمنة التشغيل والإيقاف الأتوماتيكية بناءً على المعطيات والحسابات التي تكفل تحسين كفاءة استعمال المياه.

(4) يتسم بتكاليف أولية مرتفعة وخاصة بالنسبة لتكلفة الصمام، إلا أن تكلفة الصمام لا تكون كبيرة فيما لو قسمنا العمر الإنتاجي له على المساحة المستثمرة بالنظام.

7-2-3-2- الري المنقول (Cablegation):

يتم تزويد الخطوط في هذا النظام بالتدفق اللازم بنفس طريقة نظام الري بالدفعات.

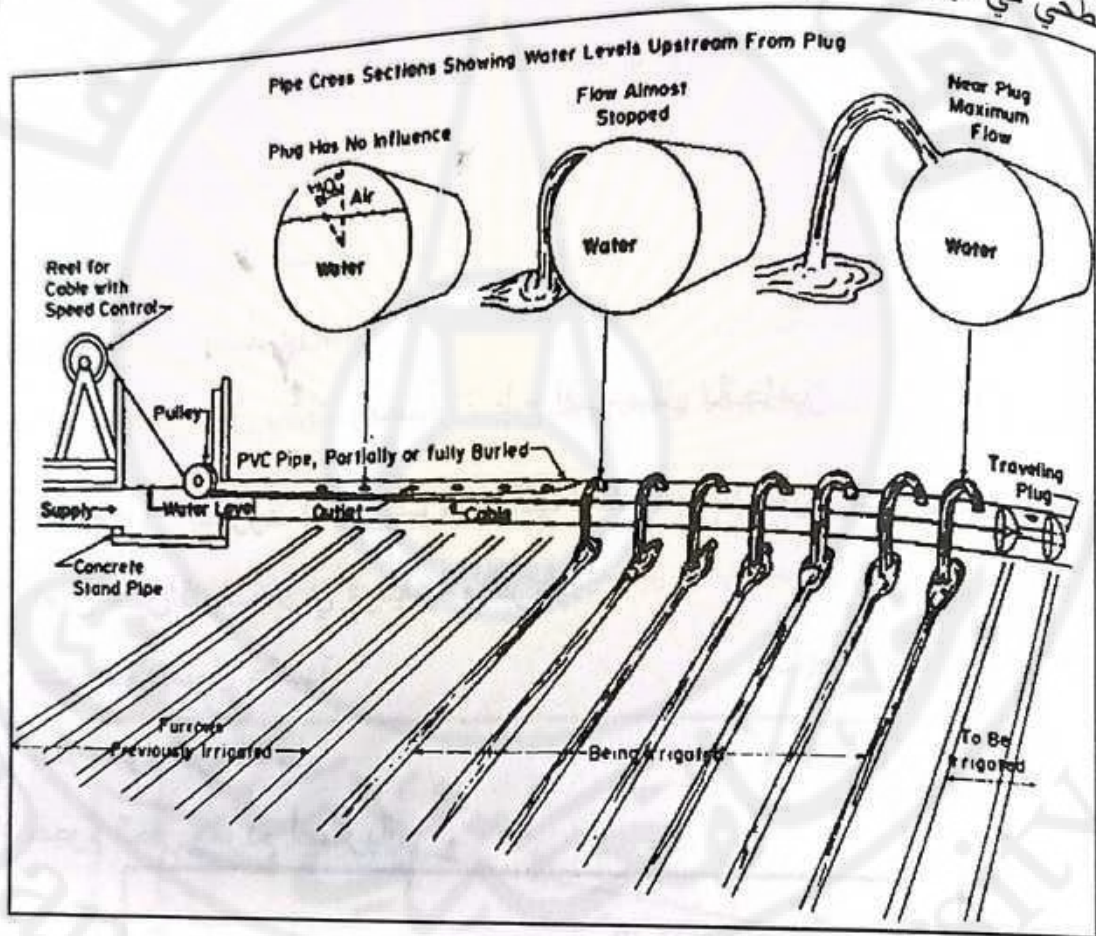
7-2-3-1- مكونات نظام الري المنقول:

- (1) أنبوب مبوّب يتم مدّه على طول الجهة العليا من الحقل وفق ميل محدد وثابت.
- (2) سدادة متحركة داخل الأنبوب (Traveling Plug) تتصل بسلك يتم التحكم به بواسطة رافعة تعمل على الطاقة الشمسية عند مدخل الأنبوب تقوم بضبط سرعة السدادة داخل الأنبوب.

7-2-3-2- مبدأ عمل نظام الري المنقول: (الشكل 7-18) تستخدم السدادة في هذا النظام من أجل تزويد الخطوط بمياه الري وذلك لأن تدفق المياه في هذا النظام

غير كافٍ لخروجه من فتحات الأنبوب المبوّب من دون وجود السدادة التي تعمل أثناء حركتها بسرعة معينة من نهاية الأنبوب حتى بدايته على حجز المياه في

المنطقة المجاورة لها فتنجمع المياه ويرتفع مستواها حتى يصل إلى فتحات الأنبوب مما يؤدي إلى خروج المياه إلى الخطوط، وكلما ابتعدت السدادة عن هذه الفتحات ينخفض مستوى الماء وينخفض معه معدل تدفق الماء عبر هذه الفتحات إلى أن يتوقف نهائياً لأن مستوى المياه عندئذ لا يصل إلى مستوى فتحات الأنبوب ويتم بذلك تزويد الحقل بالتدفق المطلوب خلال طور التقدم. بعد وصول السدادة إلى بداية الأنبوب فإنها تعود إلى نهايته حيث يتم قطع إمداد الأنبوب بالمياه في هذه الأثناء للسماح للمياه في هذه الأثناء بالتسرب إلى داخل التربة ولمنع حدوث جريان سطحي في نهاية الخطوط.



شكل (7-18): نظام الري المنقول Cablegation

مما سبق نجد أن حركة السدادة على طول الأنبوب تسمح بتزويد الخطوط بالمياه بشكل متقطع مما يؤدي إلى خفض معدلات التسرب والوصول إلى معدل التسرب الأساسي مع تقليل كمية المياه الضائعة كجريان سطحي في نهاية الحقل.

7-2-3-3- تسوية الأرض (تدريجها) Land Leveling (Grading):

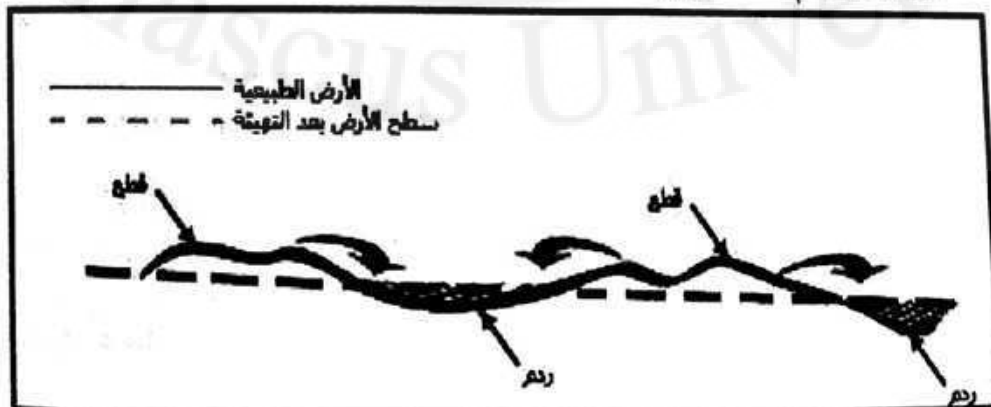
- تأتي أهمية تسوية التربة في أنظمة الري السطحي من أن سطح التربة في هذه الأنظمة يعمل على نقل المياه وتوزيعها ضمن الحقل لذلك فإن تسويته وتعديل طبعه غير آفئته يعدان من الشروط المهمة لانتظام وتجانس حركة وتوزيع المياه قدر الإمكان وبالتالي رفع كفاءة الري.
- تعرف تسوية الأرض أو تدريجها بأنها عملية إزاحة الأتربة من المناطق المرتفعة إلى المناطق المنخفضة (الشكل 7-19) بهدف تأمين ميل أو انحدار معين لسطح الحقل يضمن زيادة فعالية نظام الري المطبق وتأمين الحد الأدنى لحركة المياه الأرضية.

يمكن أن نحصل عند التسوية على:

- سطح أفقي (مستوي تماماً)
- سطح أفقي مائل باتجاه واحد أو سطح أفقي مائل باتجاهين.

7-2-3-3-1- الشروط التي يجب مراعاتها عند القيام بعملية التسوية:

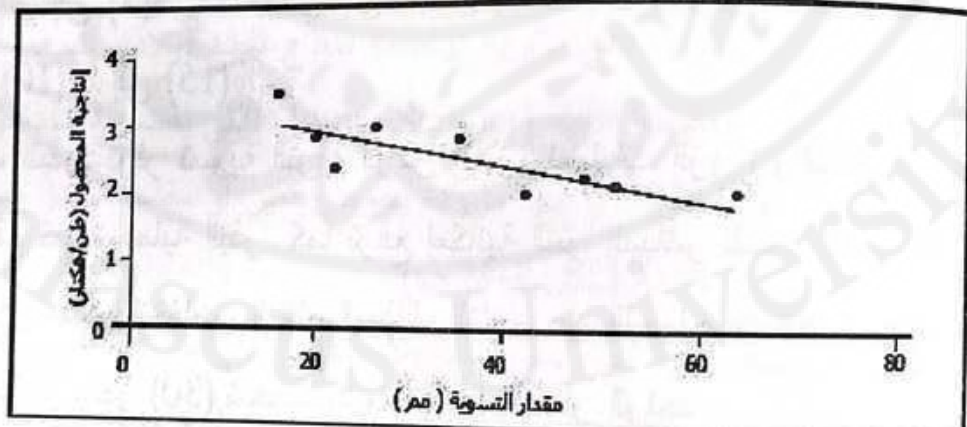
- تعيين مكان قنوات الري الرئيسية والفرعية.
- عدم وجود ميول عكسية.
- عدم وجود تدرجات.
- حجوم الحفر والردم أصغرية.



شكل (7-19): تهيئة الأرض أو تدريجها عن طريق قطع الأجزاء المرتفعة ورميها

7-2-3-3-2- فوائد تسوية التربة:

- 1) زيادة الإنتاج الزراعي وتحسين نوعيته: الذي يلاحظ بشكل جلي في الأراضي المتناسكة القوام التي يتم ربيها باستخدام إحدى أنظمة الري السطحي من خلال توفير المقومات الأساسية التالية اللازمة لزيادة إنتاجية المحاصيل الحقلية:
 - انتظام عمق البذور بما يضمن ارتفاع نسبة الإنبات وخفض عدد البذور المستخدمة وبالتالي انتظام توزيع النباتات في كامل المساحة وانتظام نموها وتقاربها بالأعمار.
 - التوزيع المتجانس لمياه الري على كامل المساحة المروية نتيجة دقة استواء السطح.
 - سهولة وزيادة سرعة حركة المعدات الزراعية نظراً لنضج المحصول دفعة واحدة.
 - إمكانية خفض عدد كل من الأكتاف الترابية والقنوات العرضية الداخلية وخاصة بالنسبة للري بالخطوط مما يسمح بتسهيل العمليات الحيوية التي تضمن الحصول على نموات قوية وصحيحة كالعزيزق والمكافحة.
- وبين الشد (7-20) رسماً بيانياً يوضح العلاقة القوية والمتبادلة ما بين تسوية الحقل وإنتاجية المحصول



شكل (7-20): العلاقة ما بين تسوية التربة وإنتاجية المحصول في تجربتين منفصلتين في موقعين مختلفين

(2) الحد من عمليات التمشيب: تعد السيطرة على نمو الأعشاب الضارة من أهم الأسباب التي تؤدي إلى زيادة الإنتاج في الحقول المسواة، ويعود ذلك إلى التغطية الأفضل للماء في الحقل التي تؤدي إلى انخفاض في نمو الأعشاب الضارة بنسبة تصل إلى 40% مما يؤدي بدوره إلى تقليص عدد أيام التمشيب من (21) يوماً إلى (5) أيام للهكتار الواحد.

(3) تطوير ورفع كفاءة نظم الري السطحي: تحقق التسوية الفعالة للتربة إعطاء كمية ري بأعلى كفاءة وأدنى فواقد، وذلك من خلال خفضها للمقننات المائية للري وفواقد التسرب والتحكم بحركة مياه الري داخل المساحة المروية مما يرفع كفاءة التوزيع ودقته داخل الحقل. ويتم حالياً تسوية مساحات تتراوح بين (10-50) دونماً كقطعة واحدة على مناسيب أفقية تماماً بدقة متناهية وفروق لا تتجاوز (1) سم عن المنسوب المحدد مما يحقق التوزيع الدقيق للمياه ضمن هذه المساحات المسواة، حيث يتراوح عمق مياه الري فوق السطح ما بين (4-5) سم وهو أفضل ارتفاع للنمو الخضري والاستهلاك الأمثل لمياه الري.

(4) رفع كفاءة العمل: تزيد عملية التسوية من المساحة القابلة للزراعة حيث تزيد مساحة الحقل بفعل التسوية من (0.1) إلى (0.5) كما تزداد المساحة المزروعة من (5%) إلى (7%) مما يؤدي إلى خفض وقت عمل المزارع بنسبة تتراوح ما بين (10%) إلى (15%).

(5) عمليات البذر: توفر تسوية التربة الزمن اللازم لعمليات الزرع والتشتيل وتعمل على رفع كفاءة عملية البذر. كما ترفع إمكانية النثر المباشر للبذور بشكل كبير، حيث يُقدر مقدار انخفاض العمل المبذول الناجم عن التحول من الغرس إلى النثر المباشر بنحو (30) شخصاً باليوم تقريباً للهكتار الواحد.

(6) رفع كفاءة استعمال المياه: تعمل التسوية على توفير في كمية مياه الري المقدمة للمحصول لأن الأراضي غير المسواة تتطلب إضافة كمية أكبر من

المياه لتحقيق تغطية لكافة أجزائها المرتفعة منها والمنخفضة بالماء بصورة، مما يشكل زيادة في كمية المياه المضافة تقدر بحوالي (10%) عن الاحتياج المائي الكلي للمحصول، الكمية التي يمكن توفيرها في الحقول المسواة.

كذلك فإن أثر التسوية في رفع كفاءة استعمال المياه يظهر جلياً في الحقول المدرجة بشكل جيد حيث تسمح للمياه المستعملة في الحقول المرتفعة بأن تستخدم في الحقول المنخفضة من أجل تحضير الأرض وعمليات خدمة المحصول الأساسية ومن أجل الري.

7-2-3-3-3 طرائق تسوية سطح التربة:

7-2-3-3-3-I- التسوية التقليدية Traditional Land Leveling:

وهي التسوية التي يقوم بها المزارع لحقله باستخدام أي طريقة تعتمد على الخبرة الشخصية بواسطة أي من وسائل التسوية (جاروف، اسطوانة حديد، بلدوزر، بركس، كريدرو...) وبالتالي فهي عملية غير دقيقة ولا تعتمد على أسس علمية دقيقة تهدف إلى الوصول إلى الغرض المطلوب من التسوية قدر الإمكان، وتشتمل على التدرج والتخطيط.

7-2-3-3-3-I-1 التدرج: تعد التسوية بالتدرج طريقة غير دقيقة إلا أنها رخيصة جداً يستخدم فيها إما البلدوزر (شكل 7-21، أ) لإزاحة الأتربة لمسافات قصيرة لا تتجاوز 100م عن طريق دفع الأتربة بواسطة سلاح قاطع فولاذي كبير الحجم لتدرج الأراضي أو المكشطة الآلية (Motor Scraper) التي يفضل استخدامها عند إزاحة الأتربة لمسافات بعيدة، إذ إنها مزودة بحوض كبير أو مقشط مجهز بعجلات لتمكينها من حفر ونقل التربة (شكل 7-21، ب).

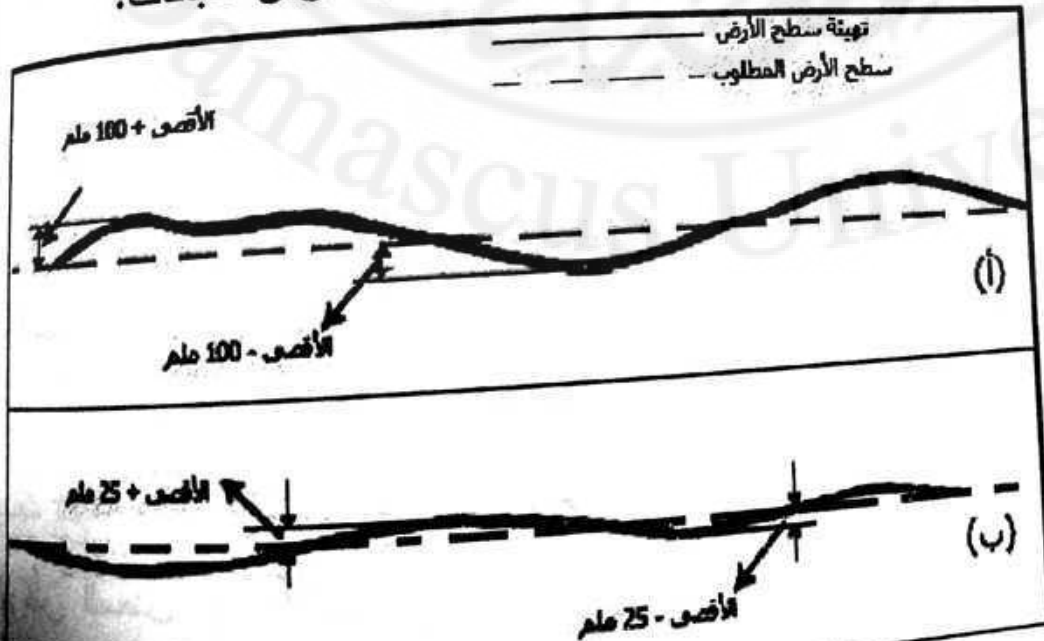
تعمل المكشطة الآلية على تسوية الأرض بكفاءة أعلى من البلدوزر إلا أنها ليست دقيقة بالقدر الكافي لأغراض الري السطحي، إذ يتراوح مدى اختلاف منسوب الأرض المعدل بهذه الآليات عن المنسوب المقرر بنحو ± 100 مم (شكل 7-22، أ)،

مما يعني أنه إذا كان التفاوت في مستوى سطح الأرض قبل الشروع بعملية التسوية أصلاً يقع ضمن هذه الحدود فإن استعمال المكشطة للتدرج في مثل هذه الحالة يؤدي إلى تدهور الأرض بدلاً من تحسينها.



(أ). البلدوزر
شكل (21-7): معدات التسوية التقليدية (التدرج)
(ب). المكشطة الآلية Motor Scraper

7-2-3-3-3-2-1-2-3: القشط Planing: يمكن عن طريق القشط تهيئة الأرض بنقطة أكبر من سابقتها حيث يتم تدرج الأرض في هذه الطريقة ضمن حدود ± 25 سم من المستوى المقرر التي تعد بصورة عامة ملائمة لمعظم أعمال الري السطحي (الشكل 22-7، ب) وذلك عن طريق استخدام مُدرجات آلية Motor Graders وآلات تسوية ثقيلة Land planes (شكل 23-7، أ، ب) تستعمل عموماً في أعمال التسوية النهائية حيث تهيئ الأرض بصورة ملائمة لزراعة البذور أو لغرس النباتات.



شكل (22-7): مقارنة
التفاوت المسموح به في
تهيئة الأرض،
(أ) التدرج، (ب) القشط



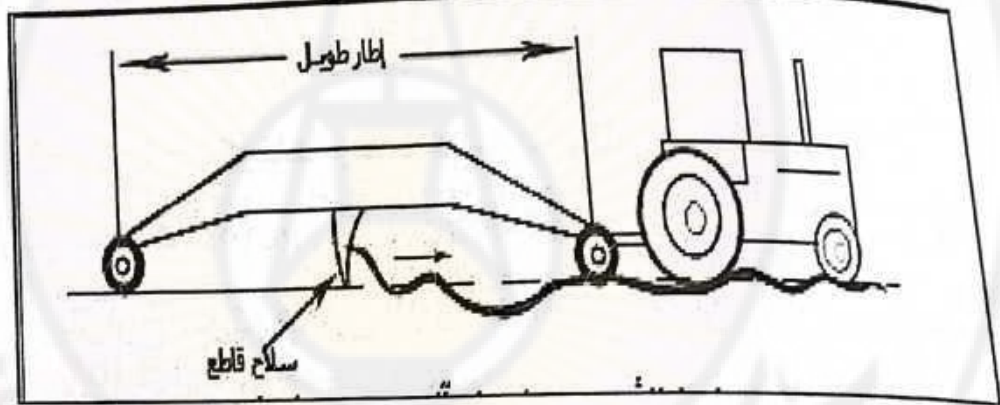
(ب). آلة تسوية ثقيلة Land Plane



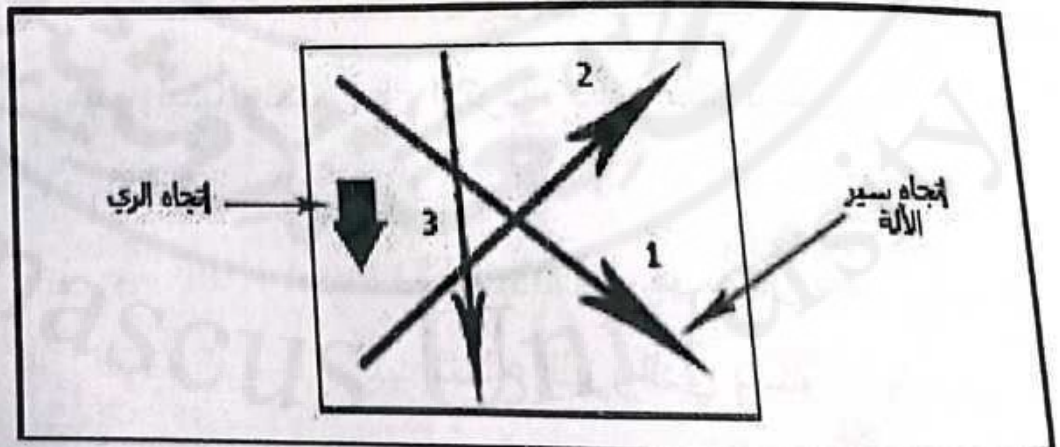
(أ). مدرجات الآلة Motor Grader

شكل (7-23): معدات التسوية التقليدية (التخطيط)

يتم كشط الحقل بصورة مثالية عن طريق تمرير آلات الكشط فوق كل جزء من أجزاء الحقل ثلاث مرات حيث تتقاطع اتجاهات الممرتين الأولى والثانية قطرياً ويكون اتجاه المرة الثالثة باتجاه جريان مياه الري (شكل 7-24، أ، ب)



(أ) تفاصيل آلية تسوية ثقيلة لكشط الأرض



(ب) مخطط نموذجي لكشط الأرض

شكل (7-24): شكل تخطيطي لآلية تسوية ثقيلة ومخطط الكشط

7-2-3-3-11- التسوية الزراعية الدقيقة (التسوية بالليزر) Laser Land Leveling

تعرف التسوية الدقيقة بأنها عملية تشكيل سطح ما بميول ذات قيم واتجاهات محددة سواء في اتجاه واحد بسيط (ميل بسيط) أو في اتجاهين متعاكسين (ميل مركب) وبفروق ضيقة للغاية تتراوح ما بين المستوى الأفقي (صفر) وميول متدرجة من (0.02%) (2 سم لكل 100 م طولي) إلى (0.05%) (5 سم لكل 100 م طولي) ومستوى دقة تنفيذ عالي لا يتجاوز ± 1 سم عادةً، وذلك بهدف الوصول إلى مستوى عالٍ من التحكم في توزيع مياه الري السطحي. ينحصر تطبيق التسوية الزراعية الدقيقة بصفة أساسية تحت نظم الري السطحي والري المطري الكنتوري حيث تعد الميول الحساسة التي تحققها العامل الرئيسي في السيطرة على جريان مياه الري وحسن توزيعها على المساحات المزروعة.

7-2-3-3-11-1 مكونات وحدة التسوية بالليزر: الشكل (7-25)

1- جرار بأربع عجلات 4-wheel Tractor: يستخدم لجر شفرة التسوية (القصابية) وتتراوح قدرته ما بين (30 - 500) حصان بخاري بما يتناسب مع حجم أعمال التسوية المطلوبة.

2- شفرة التسوية (القصابية) Drag Bucket: وهي عبارة عن شفرة تسوية تقليدية تعمل هيدروليكيًا وتقوم بنقل الأتربة، ذات أبعاد تتعلق بمصدر الطاقة المتاحة وظروف الحقل.

3- المرسل الليزري Laser Transmitter: وهو جهاز ذاتي الضبط يعمل بتيار كهربائي منتظم، ويقوم بتوليد شعاع الليزر الذي يدور بزاوية 360° لإنشاء مستوى من الليزر أفقي تماماً أو مائل يستخدم كمنسوب مرجعي فوق منطقة العمل.

4- المستقبل الليزري Laser Receiver: يعمل على اكتشاف المستوى المرجمي لليزر وإرسال هذه الإشارات إلى لوحة التحكم.

5- الحامل الكهربائي Mast: يكون المستقبل الليزري محمولاً في أعلى هذا الحامل ومتصلاً من الأسفل بالقصابية.

6- لوحة التحكم Control Panel: (الشكل 7-26) تتوضع داخل الجرار بحيث تكون في متناول المشغل وتقوم باستقبال الإشارات المرسلّة إليها من المستقبل

الليزري وإظهارها لتبين وضعية القصابية نسبة إلى مستوى التسوية النهائي المطلوب. وعند ضبطها لتعمل أوتوماتيكياً فإنها تتحكم بنظام التحكم الهيدروليكي عن طريق ما ترسله من إشارات كهربائية.

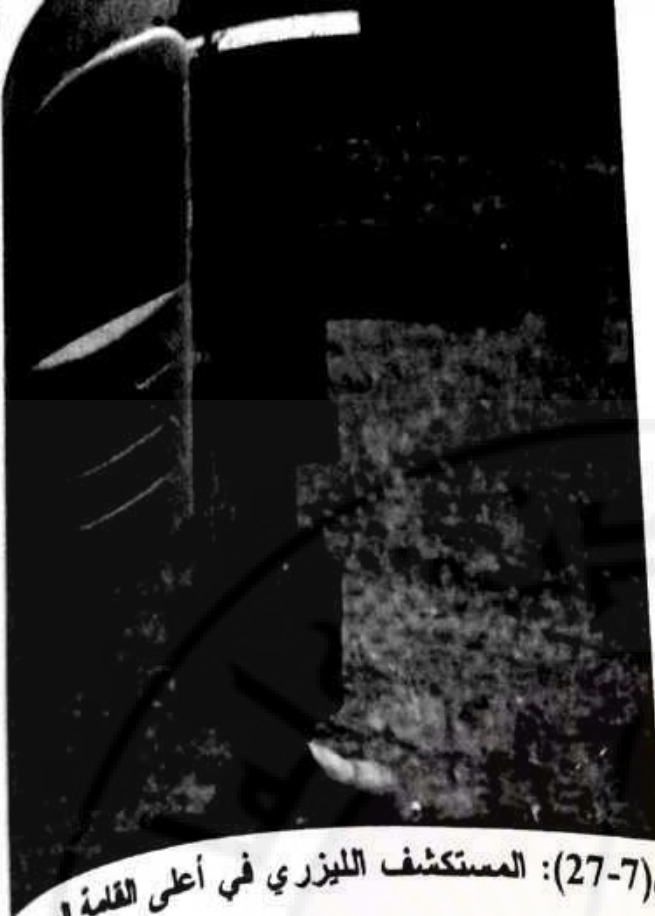
7- قلمة مساحية أوتوماتيكية Automatic Rod: (الشكل 7-27) وهي ذات ارتفاع متغير تستخدم من أجل أخذ الارتفاعات لإجراء المسح الطبوغرافي

للتحقّل المراد تسويته ومزوّدّة في أعلاها بمستكشف الشعاع الليزري Laser Detector.

8- نظام التحكم الهيدروليكي Hydraulic Control System: يقوم بضبط تدفق الزيت إلى المكبس الهيدروليكي الذي يقوم برفع وخفض شفرة التسوية بناءً على الإشارات الكهربائية الواردة إليها من لوحة التحكم Control Panel.



الشكل (7-25): مكونات وحدة التسوية بالليزر



شكل (7-27): المستكشف الليزري في أعلى القلعة المسلحة



شكل (7-26): لوحة التحكم

7-2-3-3-3-II-2- مبدأ عمل وحدة التسوية بالليزر: يقوم المرسل الليزري بإرسال شعاع ليزر بينما يعترض المستقبل الليزري المحمول على شفرة التسوية طريق هذا الشعاع ويرسله إلى لوحة التحكم في الجرار التي تقوم بدورها بترجمة هذه الإشارة وفتح أو إغلاق صمامات التحكم الكهرومغناطيسية التي تعمل على خفض شفرة التسوية أو رفعها.

7-2-3-3-3-II-3- ميزات التسوية الدقيقة بالليزر:

(1) حققت التسوية بالليزر درجة من الدقة لم يسبق الوصول إليها نظراً لعدم تأثر أشعة الليزر بالعوامل المناخية والبشرية وإمكانية الفحص والتصحيح الإلكتروني المستمر لعمل القصابية.

(2) رفع إنتاجية المعدات لأن العمل لا يتطلب فترات توقف لفحص نتائج مراحل ثم العودة للتشغيل إلا في أضيق الحدود، إضافة إلى إمكانية امتداد العمل اليومي بتشغيل المعدات ليلاً في الظروف المناخية المعتدلة.

7-2-3-3-11-4- الأمور التي تحد من استخدام التسوية الدقيقة بالليزر:

- (1) التكلفة العالية لمعدات هذه التقنية.
- (2) تتطلب عمالة ذات خبرة ومهارة من أجل تركيب إعدادات الليزر وضبطها، ومن أجل تشغيل الجرار .
- (3) تتطلب دقة القياسات وشكل الحقل دوراً فعالاً في هذه التسوية.

7-2-3-4- جدول الري Schedule Irrigation:

تعريف جدول الري: يقصد بها تحديد وقت ري النبات وكمية المياه التي تعطى له كي يعطي أفضل إنتاجية مع الأخذ بالحسبان النواحي الاقتصادية.

مبدأ جدول الري: عند زيادة مستوى الشد الرطوبي على قيمة معينة تبدأ عملية الري، ومع زيادة المحتوى الرطوبي في التربة تنخفض قيمة الشد الرطوبي إلى أن تصل إلى قيمة محددة فيتم إيقاف عملية الري، ويمكن جدول الري بطرائق عديدة هي:

7-2-3-4-1- الطرائق التقديرية: وهي تعتمد على حساب معدل الاستهلاك المائي للمحاصيل بواسطة القوانين التي تربط بينه وبين العوامل البيئية والمناخية المؤثرة على نمو النبات.

7-2-3-4-2- قياس تغيرات رطوبة النبات: وذلك بقياس التغير في تركيز العصارة داخل النبات أو قياس الانكماش والتمدد في ساق النبات الناتجين عن التغير في المحتوى المائي داخل النبات.

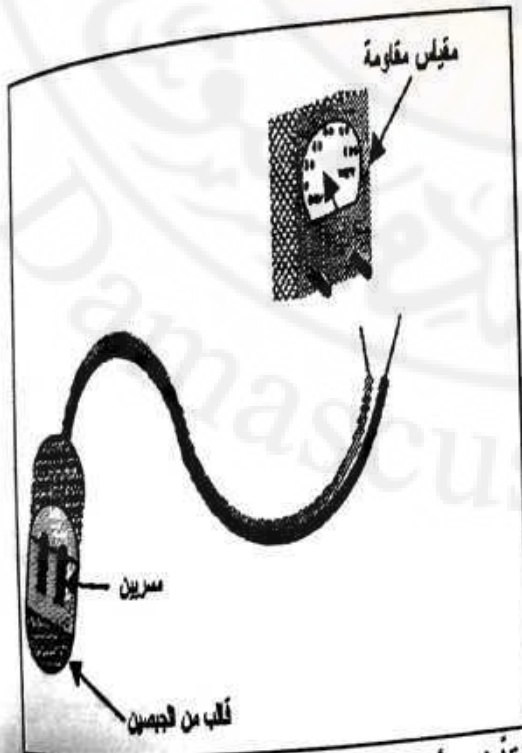
7-2-3-4-3- الطرائق المباشرة: وهي الطرائق التي تمكن من القياس المباشر لمحتوى رطوبة التربة في منطقة الجذور من للنبات. ويشتمل القياس المباشر للمحتوى الرطوبي للتربة على الطرائق التالية:

(1) المظهر الخارجي: ويتم في هذه الطريقة تخمين المحتوى الرطوبي للتربة بالخبرة الشخصية عن طريق أخذ بعض العينات الترابية من مناطق مختلفة من الحقل وتحسينها باليد.

(2) الطريقة الوزنية Gravimetric method: يتم في هذه الطريقة أخذ عينة من التربة ووزنها بما تحتويه من رطوبة (الوزن الرطب)، ثم تجفيفها داخل فرن على درجة (105)م حتى يثبت وزنها تماماً (الوزن الجاف). ثم تحسب نسبة الرطوبة في التربة من المعادلة الآتية:

$$\text{النسبة المئوية للرطوبة على أساس الوزن الجاف (\%)} = \frac{\text{الوزن الرطب} - \text{الوزن الجاف}}{\text{الوزن الجاف}} \times 100$$

(3) طريقة قياس المقاومة للتوصيل الكهربائي Electrical resistance: يقوم مبدأ هذه الطريقة على ازدياد المقاومة التي تبديها التربة للتوصيل الكهربائي مع انخفاض المحتوى الرطوبي لها. ويبين الشكل (7-28) أحد الأجهزة المستخدمة لقياس المحتوى الرطوبي للتربة وفقاً لهذا المبدأ.



شكل (7-28): جهاز لقياس المحتوى الرطوبي للتربة وفقاً لمبدأ مقاومة التوصيل الكهربائي

(4) طريقة تشتت النيوترونات Neutron Scattering: (الشكل 7-29)
 يقوم مبدأ عمل الأجهزة وفقاً لهذه الطريقة على أن درجة تشتت الإشعاعات
 الصادرة عن مصدر معين تختلف باختلاف المحتوى الرطوبي للمادة الموضوع
 فيها هذا المصدر.

وتجري القياسات بإنزال حامل المصدر المشع داخل أنبوب خاص من الألمنيوم
 (الشكل 7-30) مثبت في التربة إلى العمق المطلوب قياس المحتوى الرطوبي
 عنده، وعند انبعاث النيوترونات السريعة من مصدر الإشعاع فإنها تصطدم مع
 نرات ذات وزن جزيئي منخفض كذرات الهيدروجين التي توجد داخل التربة
 مكون لجزء الماء، ويؤدي هذا التصادم إلى فقد الطاقة الحركية للنيوترونات
 السريعة، متحولة إلى نيوترونات بطيئة ترتد بدورها ثانية إلى الجهاز الحامل
 للمصدر المشع والمزود بجهاز اكتشاف للنيوترونات البطيئة ومنه إلى العداد لعد
 النيوترونات البطيئة المرتدة.

كلما ازداد عدد النيوترونات البطيئة دل ذلك على زيادة محتوى الهيدروجين في
 التربة وبالتالي زيادة المحتوى الرطوبي.

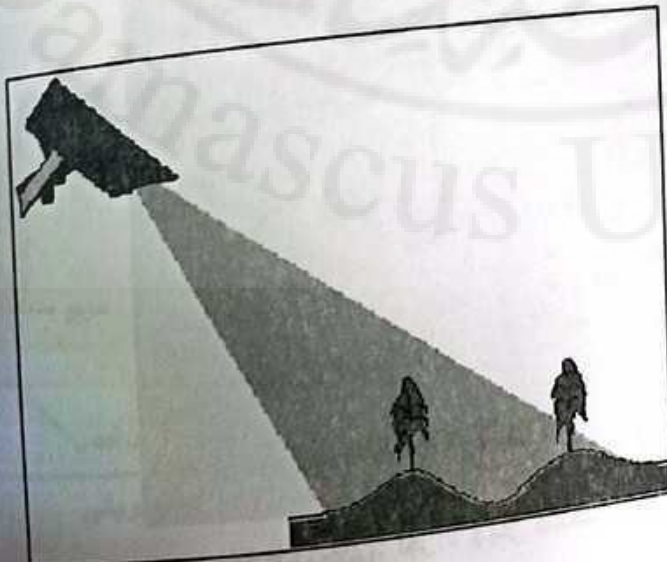


الشكل (7-29): أجزاء جهاز تشتت النيوترونات



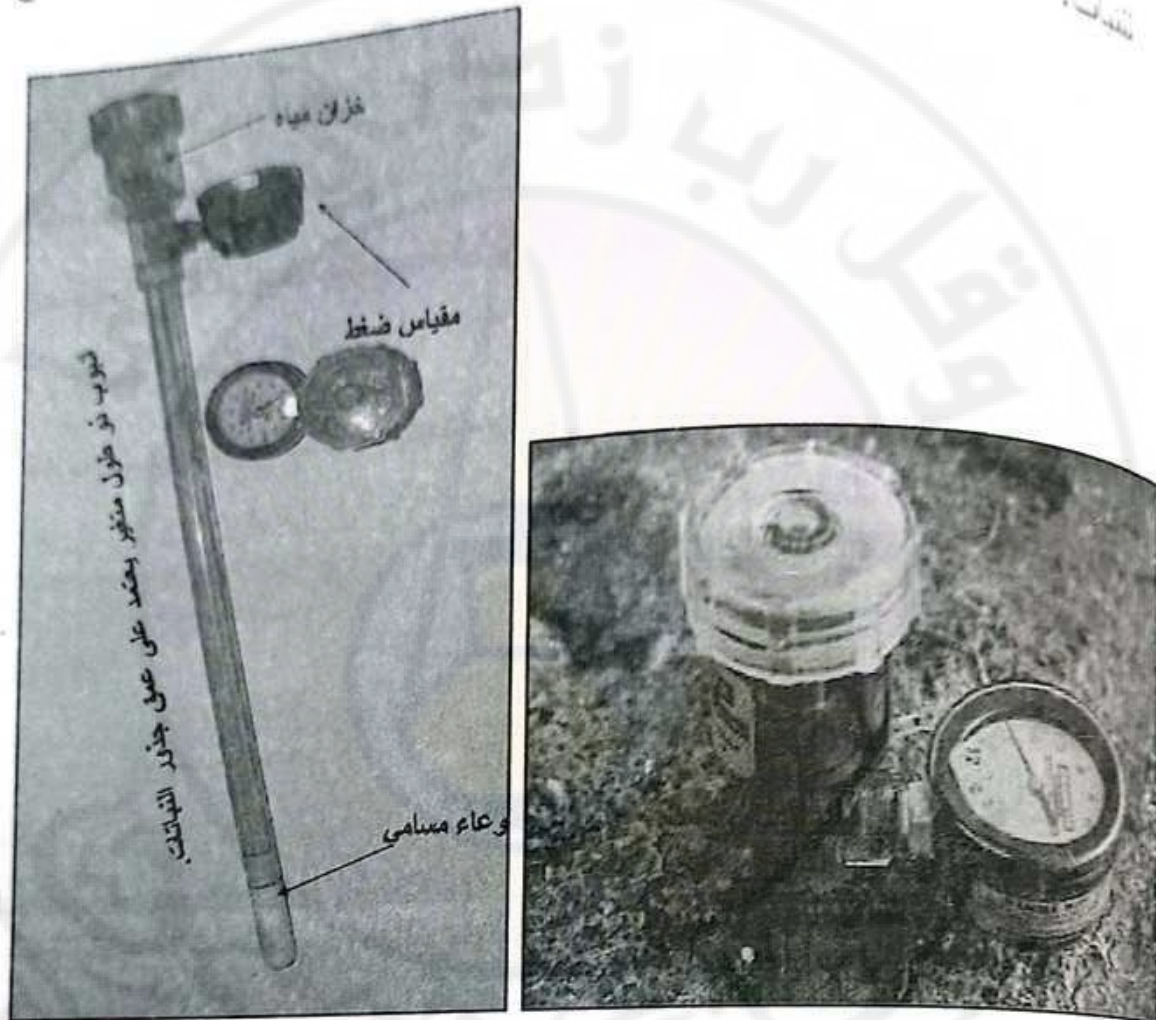
الشكل (7-30): أنبوب من الألمنيوم يتم إدخال مصدر النيوترونات السريعة فيه

(5) طريقة الاستشعار عن بعد: (الشكل 7-31) وهي طريقة حديثة يقوم بها الأجهزة العاملة وفقاً لها على اختلاف المجال المغناطيسي الناتج بين قطبي مغناطيس باختلاف طبيعة التربة وبالتالي بمستوى رطوبتها. وقد استحدثت العديد من أجيال هذه الأجهزة لتحقيق البساطة والسهولة في تشغيلها وللوصول بها إلى الحجم المناسب وكذلك من أجل عرض القياسات المطلوبة في شكلها النهائي. وأهم ميزات هذه الطريقة هي إمكانية تحديد الرطوبة الأرضية في قطاع التربة حتى عمق معين دون الحاجة إلى إثارة التربة أو تغيير بنائها حيث تتم القراءة من على سطح التربة.



شكل (7-31): جهاز تقدير المحتوى الرطوبي للتربة باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد

(6) التنشيو متر Tensiometer: (الشكل 7-32) يعمل التنشيو متر على قياس الضغط الرطوبي بين جزيئات التربة والماء والذي يمثل كمية الطاقة التي يحتاجها النبات ليستطيع التغلب على قوى ارتباط الماء بالتربة. ومن خلال ربطه بين قيم الضغط الرطوبي المقاسة ورطوبة التربة فإنه يشير إلى مستوى الماء المتاح للنبات.



شكل (7-32): جهاز التنشيو متر لتقدير المحتوى الرطوبي للتربة

7-3-2-5- نظام إعادة استعمال المياه الضائعة في نهاية الحقل Tail Water Reuse System: يقوم مبدأ هذا النظام على تجميع مياه الجريان السطحي الناتجة في نهاية الحقول المروية بأنظمة الري السطحي بهدف استخدامها في الري لاحقاً. حيث يتم نقل هذه المياه الزائدة بواسطة قنوات مكشوفة أو أنابيب إلى خزان تجميعي (الشكل 7-33) من أجل أحد الغرضين التاليين:

(1) استكمال ري الحقل نفسه الأمر الذي يوفر من كمية المياه المستخدمة من المصدر الأساسي، إلا أن تصميم نظام الري في هذه الحالة يكون معقداً جداً للأسباب التالية:

- استخدام مصدرين من مياه الري معاً وهما الأساسي ومياه خزان التجميع والعمل على تحقيق تنظيم وترابط عمل المصدرين معاً لتحقيق الكفاءة المناسبة.
 - اختلاف معدل التسرب و الرشح من منطقة لأخرى ضمن نفس الحقل.
 - اختلاف التصميم الأولي لنظام الري.
 - الحاجة إلى نظام إعادة ضخ يعمل باستمرار مما يعقد عملية التصميم.
- (2) ري حقول صغيرة أخرى.



شكل (7-33): الخزانات التجميعية وهي أحد مكونات أنظمة إعادة استعمال المياه الضائعة في نهاية الحقل

7-2-3-6- نظام الري السطحي ذو النهاية المغلقة **Bloked-end Surface Irrigation**: يعد نظام الري السطحي ذو النهاية المغلقة سواء أكان رياً بالأحواض أو رياً بالشرائح أو بالخطوط من أنظمة الري السطحي المطور التي يمكن أن تحقق كفاءات ري عالية قريبة من تلك التي يمكن تحقيقها مع أنظمة الري بالرداذ والري بالتنقيط، إلا أن ارتكاب أي خطأ بسيط في تقدير زمن إيقاف مياه

ري يتسبب بخطر جسيم للمحصول، وبالتالي لا بد من أن تترافق أنظمة الري السطحي ذات النهايات المغلقة بمصارف للتخلص من المياه الزائدة خارج الحقل. ويبين الشكل (7-34) المراحل الأربع لنظام الري السطحي ذي النهاية المغلقة وهي كالآتي:

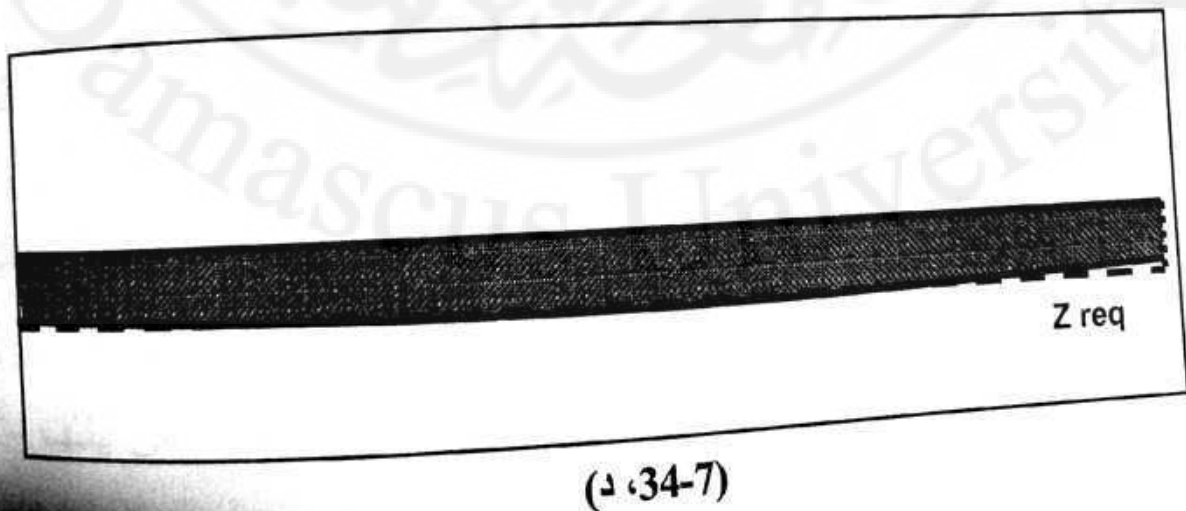
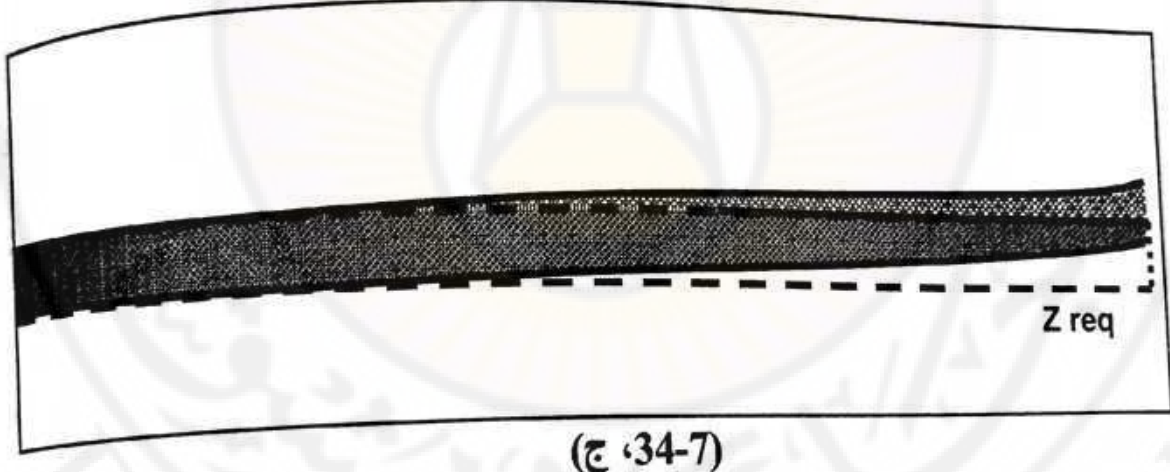
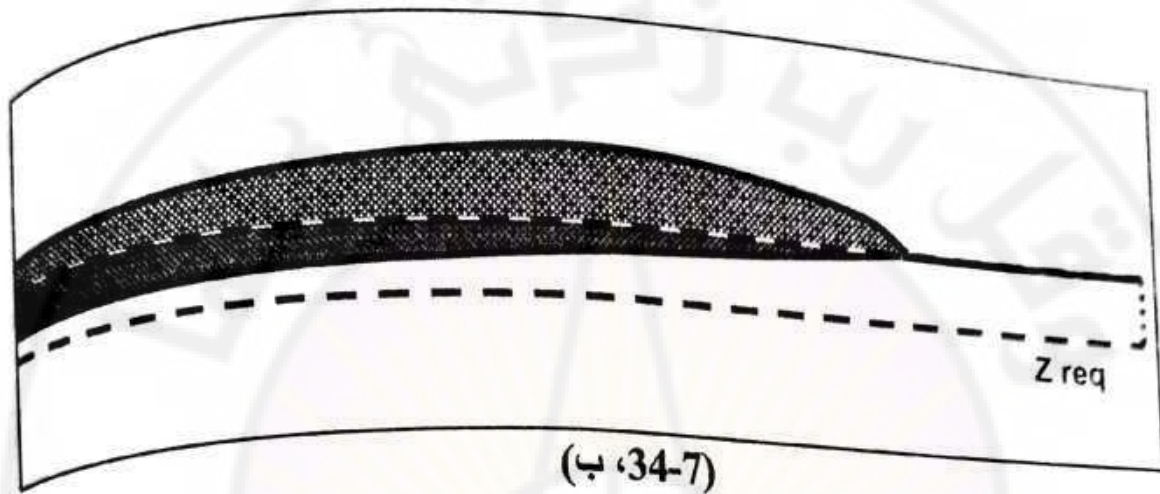
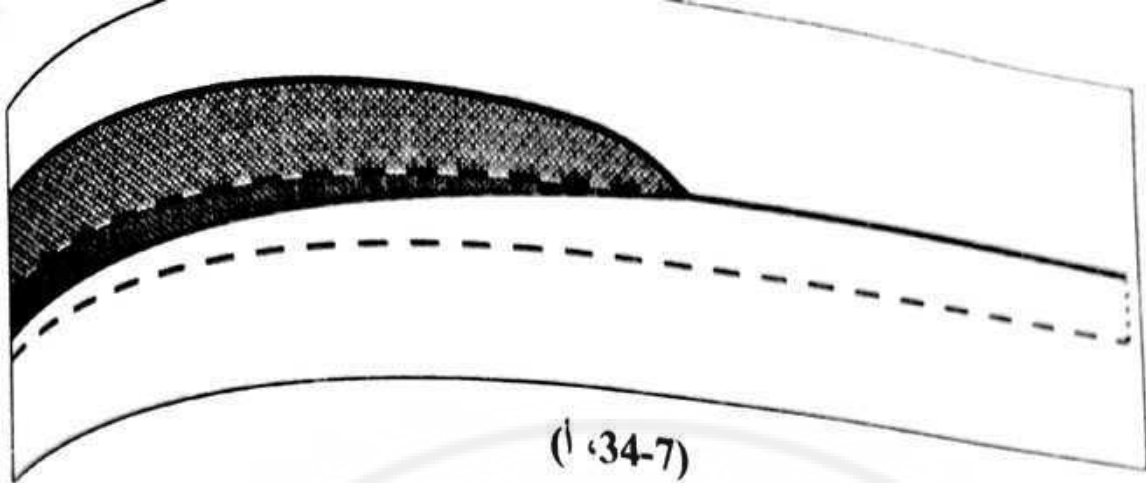
يبين الشكل (7-34، أ) بدء التزويد بالمياه وتقدمها في الحقل.

يبين الشكل (7-34، ب) إيقاف التزويد بالمياه وبدء انحساره في بداية الحقل في الوقت الذي يستمر فيه بالتقدم حتى نهاية الحقل. وبصورة عامة يتم إيقاف التزويد بالمياه قبل انتهاء طور تقدم المياه أي قبل وصول المياه إلى نهاية الحقل.

يمثل الشكل (7-34، ج) انحسار الماء نهائياً في بداية الحقل وانتهاء طور التقدم أي بلوغ المياه نهاية الحقل، حيث تتجمع المياه الزائدة خلف الكتف الترابي الواقع في نهاية الحقل.

وأخيراً يبين الشكل (7-34، د) تسرب المياه المتجمعة خلف الكتف الترابي وتوزع المياه في قطاع التربة المطلوب بصورة متجانسة. وبملاحظة قطاع التربة نلاحظ وجود بعض النقص في كمية مياه الري المطلوبة عند بداية الحقل ونهايته كما نلاحظ وجود بعض الزيادة في مواضع أخرى.

تبلغ كفاءة الري وفقاً للتمثيل السابق لنظام الري السطحي ذي النهاية المغلقة نحو 95%.



شكل (34-7): المراحل الأربع لنظام الري السطحي ذي النهاية المغلقة

الفصل الثامن

الري بالتنقيط Drip Irrigation

1-8- تعريف نظام الري بالتنقيط:

الري بالتنقيط هو إيصال مياه الري إلى النبات بكميات محسوبة وبطريقة بطيئة بشكل نقط منفصلة أو متواصلة وذلك من خلال أجزاء صغيرة تسمى النقاطات.

يستخدم عادة لري المحاصيل و شجيرات الزينة ومشايخ التحريج والغابات.

2-8- مميزات الري بالتنقيط:

(1) الاستخدام الأمثل لمياه الري وذلك من خلال توفيره للضياعات بالتسرب العميق والجريان السطحي، ويبلغ توفيره لمياه الري نحو (40)% مقارنة بالنظم الأخرى.

(2) زيادة نمو المحصول وإنتاجيته بشكل ملحوظ، حيث يوفر هذا النظام الرطوبة في منطقة الجذور بشكل دائم نظراً لطول وتكرار فترات الري.

(3) إمكان إضافة المبيدات والأسمدة الكيميائية بصورة أفضل من خلال النظام.

(4) إمكان التحكم في نمو الحشائش حول النباتات وذلك لصغر المساحات السطحية المبللة.

(5) إمكان استخدامه في الأراضي الشديدة الانحدار أو ذات التضاريس غير المنتظمة.

(6) توفير في الطاقة بسبب صغر الضاغط الواجب تطبيقه مقارنة بنظام الري بالرش.

(5) توفير في العمالة اللازمة بما يعادل (70)%.

- (6) عدم إعاقة إجراء العمليات الزراعية الأخرى.
- (7) لا يتأثر بوجود الرياح إذ يمكن تشغيله خلال أوقات اليوم كافة.
- (8) يقلل من أخطار الآفات وأمراض النبات التي تنتشأ على الأوراق المبيلة.
- (9) عدم الحاجة إلى إنشاء شبكات صرف نظراً لعدم وجود ضياعات بالتسريب العميق مما يؤدي بدوره إلى الحفاظ على البيئة.

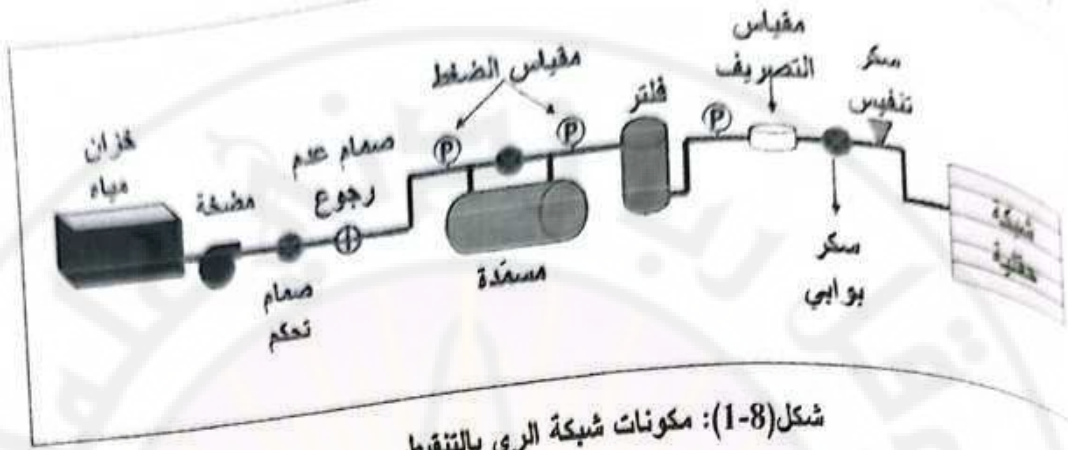
8-3- عيوب نظام الري بالتنقيط:

- (1) ارتفاع حجم التكاليف الأولية.
- (2) حساسية شبكة الري بالتنقيط للانسداد مما يؤدي إلى عدم تجانس توزيع مياه الري على النباتات.
- (3) يحدث تراكم للأملح على النطاق الخارجي للمنطقة المبيلة بواسطة النقط.
- (4) جفاف الأرض و تكوين غبار في أثناء العمليات الميكانيكية.
- (5) تتطلب وجود خبرات من أجل التصميم والتركيب والتشغيل.
- (6) لا يجوز استعمال الأسمدة الفوسفاتية العادية، لأن الفوسفات يتفاعل مع الكالسيوم الموجود في ماء الري مكوناً ترسبات تؤدي إلى انسداد النقاطات.

8-4- المكونات الأساسية لنظام الري بالتنقيط:

يعد عدد المكونات المطلوبة لنظام الري بالتنقيط أكثر بالمقارنة مع نظم الري الأخرى نظراً إلى حاجته لتنقية مياه المصدر المائي وإلى ضمان توزيع ضغط معين في جميع أجزاء النظام. كما تختلف أجزاء نظام الري بالتنقيط باختلاف حجم النظام أو المساحة التي يرويها، فمن أجل النظم الصغيرة قد يتكون النظام من مصدر مائي واحد ومضخة وأنبوب توصيل، أما بالنسبة للنظم الكبيرة فقد تكون مؤلفة من مصادر مائية متعددة ومحطات ضخ ومن ثم شبكة كثيفة من الأنابيب.

وعموماً يتألف نظام الري بالتنقيط، كما في الشكل (1-8) من أربعة أجزاء رئيسية وهي: وحدة الضخ، وحدة التحكم، شبكة الأنابيب، النقاطات، إضافة إلى إكسسوارات التوصيل.



شكل (1-8): مكونات شبكة الري بالتنقيط

1-4-8- وحدة الضخ ومصدر الماء Pump and Water Resource:

يحتاج نظام الري بالتنقيط إلى وحدة ضخ لتأمين الضاغط المناسب بهدف التغلب على فواقد الاحتكاك في أجزاء الشبكة المختلفة وتأمين ضاغط تشغيل المناسب للنقاطات، وتستخدم المضخات الطاردة المركزية (الشكل 8-8) مع شبكات الري بالتنقيط عندما يكون عمق سطح الماء لا يتجاوز (6) م، أما المضخات العمودية فتستخدم عندما يتجاوز العمق (6) م. كما يمكن استغناء عن المضخات إذا كان ارتفاع المصدر المائي كافياً لتأمين الضاغط فقود. وعموماً يتم تزويد نظام الري بالتنقيط بالمياه بواسطة خزانات مياه لب المصدر المائي وذلك بهدف تأمين تدفق مائي دائم يضمن عدم الإضرار بالنتيجة انقطاع المياه بحسب البرنامج الزمني لنظام الري المقرر وكذلك بن مياه ذات ضغط منخفض (1 - 1.5) بار، الشكل (1-8، 2-8).



شكل (2-8): ضخ المياه بعد تجميعها في خزان ترابي

8-4-1-1- النقاط الواجب مراعاتها عند اختيار المضخة:

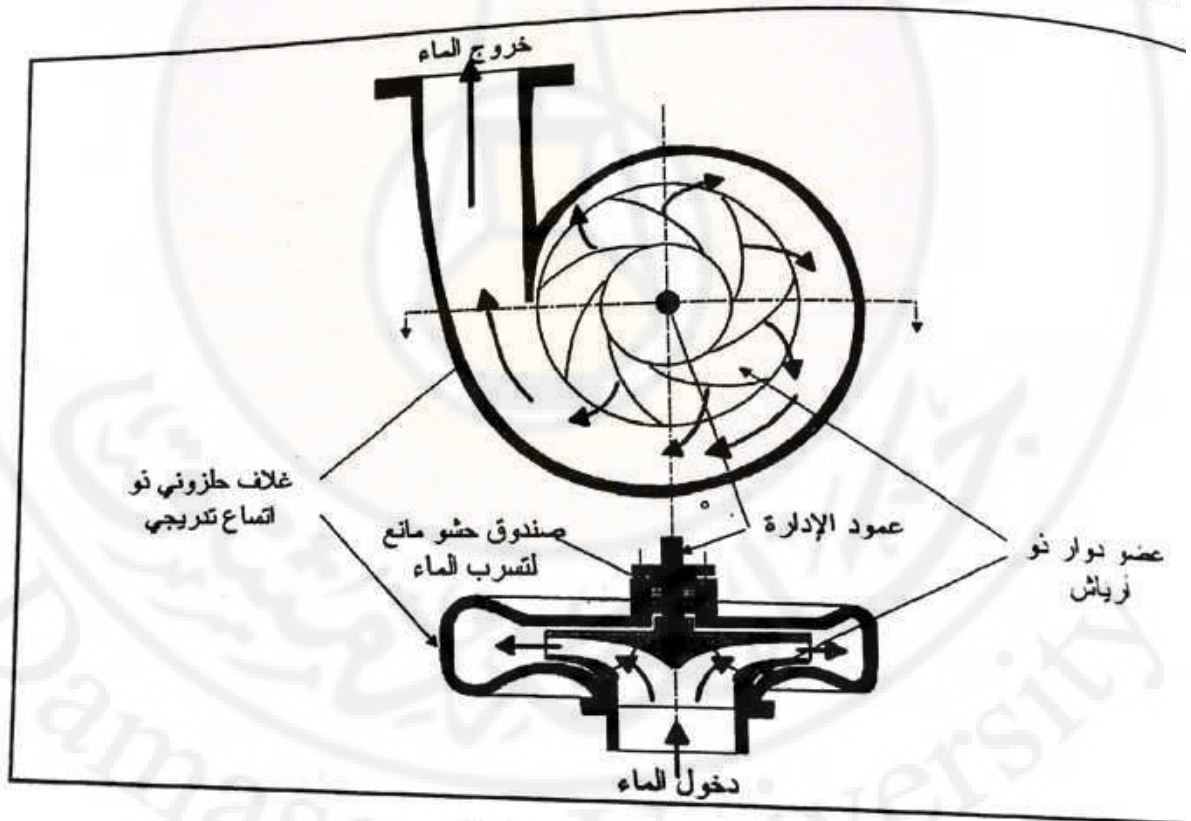
- ذات استطاعة متناسبة مع المصدر المائي المتاح.
- تؤمن تصريفاً متناسباً مع المساحة المراد ريها.
- ذات قدرة على تأمين الضاغط اللازم عند بداية الخطوط الفرعية.
- قابليتها للصيانة وتوفير قطع الغيار اللازمة لها.

8-4-1-2- أنواع المضخات:

(1) المضخة الدافعة المركزية **Centrifugal Pump**: يقوم مبدأ عمل هذه المضخة على القوة الطاردة المركزية وتستخدم عندما يكون المصدر المائي المتاح هو المياه السطحية (بحيرات تجميع المياه، البحيرات، الخزائن السطحية).

تتألف المضخة الدافعة المركزية (الشكل 8-3) من مروحة دافعة Impeller على هيئة ريش منحنية مثبتة بمحور الإدارة المتصل بمصدر طاقة خارجي يعمل على تحريك المروحة داخل الجسم الحلزوني الشكل للمضخة حركة دورانية سريعة فيتوزع بذلك الماء الموجود في جسم المضخة مكتسباً طاقة تدفعه إلى فتحة الطرد بضغوط كبير. وتوجد فتحة أنبوب السحب في وسط جسم المضخة عند محور المروحة وبذلك يدخل الماء منها في اتجاه محوري Axial إلى المروحة ويخرج منها في اتجاه قطري Radial إلى فتحة الطرد.

ولا تتمكن المضخات الطاردة المركزية من سحب المياه إلا إذا كان فراغ جسمها وأنبوب السحب ممثلاً بالماء وتسمى عملية الملء هذه بعملية التحضير.



شكل (8-3): مخطط يبين طريقة عمل المضخة الدافعة المركزية

مزاياها:
- بساطة التصميم ذات كفاءة عالية وتصريف عالٍ سهولة التركيب والتفكيك.
- السرعات المختلفة للمحرك.

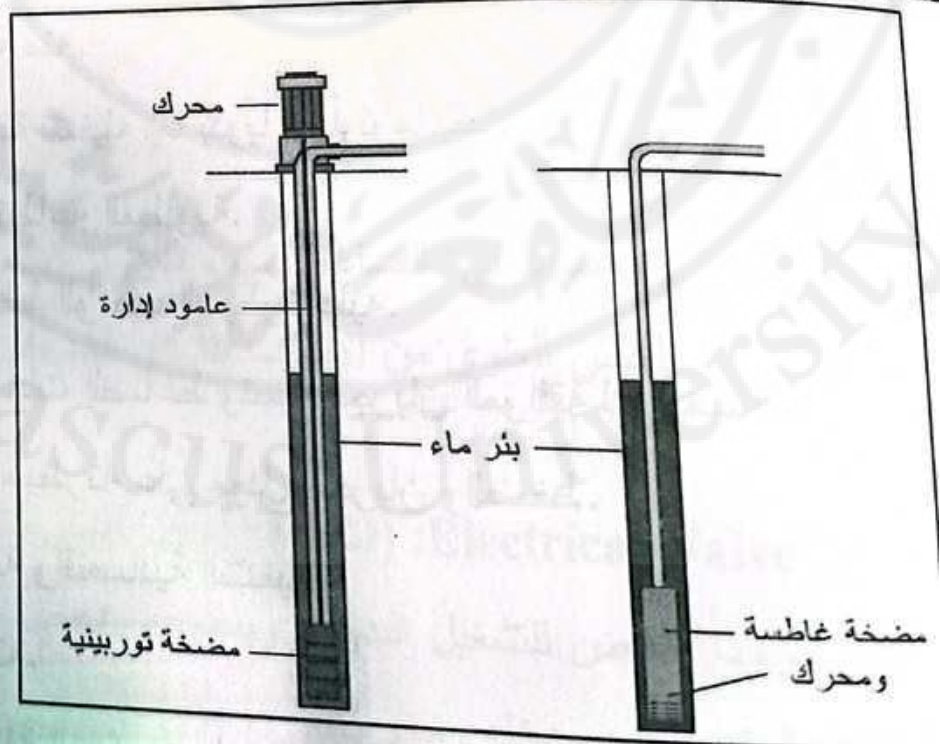
عيوبها:
- ذات رفع محدود نسبياً وأقصى ضاغط سحب 6 متر (المسافة بين محرك المضخة وسطح المياه) بينما يصل ضاغط الطرد إلى 60 متراً (6 مضخات جوي) ويمكن زيادة ضاغط الطرد بزيادة عدد المراحل للمضخة الواحدة Multiple Stage فهناك مضخات طاردة مركزية متعددة المراحل Centrifugal Pump يشتمل تصميمها على عدد من المراوح الدافعة المتتالية المثبتة على محور الإدارة تعمل كل واحدة منها على طرد السائل إلى فتحة السحب الخاصة بالمروحة التي تليها، وبذلك فإن هذه المراوح المتتالية تزيد ضغط المضخة.

- غياب عملية التحضير في أثناء الدوران يسبب تلف المضخة.
- تشغيل المضخة على رفع أكبر أو أقل يسبب خطراً على عمل المحرك بسبب زيادة الحمل عليه.
- تتناقص كفاءتها بشكل كبير إذا اختلفت ظروف تشغيلها عن الظروف التي اختيرت على أساسها.

(2) المضخة العمودية Vertical Pump: تشتمل المضخات العمودية (مضخات الآبار) على نوعين شهيرين هما المضخة التوربينية Turbine Pump والمضخة الغاطسة Submersible Pump تستخدمان في الري من أجل ضخ المياه من الآبار العميقة حيث تفشل المضخات التقليدية، الشكل (4).

• يتكون كلا النوعين أساساً من مضخة طاردة مركزية رأسية ذات مرحلة واحدة أو متعددة المراحل، فيها عضو دوّار مجهّز بمجموعة نواشر عند مخرجه من أجل خفض سرعة الماء ورفع ضغطه ولضمان انسيابية سريانه بين مراحل المضخة. تجمع مراحل المضخة جميعها على عمود إدارة طويل واحد مثبت بين مجموعة من المحامل موضوعة داخل أنبوب رأسي في داخل بئر الماء.

يمكن الفرق بين هذين النوعين من المضخات في موضع محرك إدارة كل منهما حيث تدار المضخة التوربينية بمحرك كهربائي أو محرك ديزل وضوع أعلى البئر وخارجها، متصل مباشرة أو عن طريق سيور أو مجموعة تروس بعمود المضخة بينما قد تقع هي على بعد مئات الأمتار عن سطح الأرض في قاع البئر، أما محرك المضخة الغاطسة فهو ببائي طويل ونحيف مركب أسفل المضخة الموجودة في قاع البئر والتي بواسطة عمود قصير نسبياً مزوّد بنظام حيك خاص لحماية المحرك الماء، وبذلك يتم التخلص من مشاكلات عمود الإدارة الطويل المقترنة بمضخات التوربينية.



شكل (4-8): مخطط يبين طريقة عمل المضخة الدافعة المركزية

- مميزاتها:
- تتميز هذه المضخات بالتصريف العالي كالمضخة الطاردة المركزية.
 - عيوبها:
 - عالية الثمن وذات تكاليف صيانة مرتفعة.
 - تتأثر بالرمل الموجودة في المياه الجوفية.
 - صعوبة التركيب.
 - ذات كفاءة منخفضة من أجل مجال واسع من السرعات.
- 8-4-2- وحدة التحكم Head Unit: الشكل (8-1)**
- تأتي وحدة التحكم بعد المضخة وتعمل غالباً على خدمة حقل أو أكثر وتتألف من العديد من الأجزاء وتتضمن: مجموعة من صمامات التحكم، أجهزة قياس الضغط والتصريف، وحدة التسميد، وحدة الترشيح.
- 8-4-2-1- الصمامات Valves: هنالك العديد من أنواع الصمامات يؤدي كل منها وظيفة مائية معينة.**
- 8-4-2-1-1- معايير اختيار الصمام الملائم:**
- (1) الغاية منه.
 - (2) طريقة تشغيله إما يدوياً أو أوتوماتيكياً.
 - (3) الاستطاعة المطلوبة.
 - (4) الضغط الواجب السيطرة عليه.
 - (5) ضياعات الضاغط ونسبة الجريان الموافقة لدرجات الفتح المختلفة.
 - (6) دقة سيطرته على معدل الجريان والضغط.
 - (7) الكلفة واقتصادية التشغيل.
 - (8) متانته.
 - (9) سهولة التركيب والتصليح.

(11) الخواص غير المرغوب بها كالمطرقة المائية، الضجيج، الاهتزازات...

البخ:
1-2-4-8- أنواع الصمامات:

1) صمام التحكم الرئيسي: يوضع غالباً عند بداية الخط الرئيسي للنظام ويتصل من الناحية الأخرى بمصدر الماء أو وحدة الضخ (الشكل 8-).
مهمته الأساسية: التحكم بتدفق الماء وبإغلاقه دون عوائق، كذلك يمكن أن يعمل على التحكم في التصريف والضغط في بعض الظروف. وإما أن يكون: بوابياً أو كروياً أو كهربائياً.

• الصمام البوابي Gate Valve: (الشكل 8-5أ) ويتميز بما يلي:

○ مجرب لمدة طويلة وبشكل مرضٍ.
○ لا يسبب ضياعاً في الضاغط عندما يكون مفتوحاً بشكل كلي.

○ متين.

○ مقاوم للتسرب وللضغط المرتفع.

• الصمام الكروي Ball Valve: (الشكل 8-5ب) يستعمل على وجه التحديد لأقطار أنابيب (4 إنش) أو أقل. ويتصف بالتالي:

○ سعره منخفض.

○ تكاليف صيانتة منخفضة.

○ يتسبب في ضياع كبير نسبياً في الضاغط بسبب المرور المتعرج.

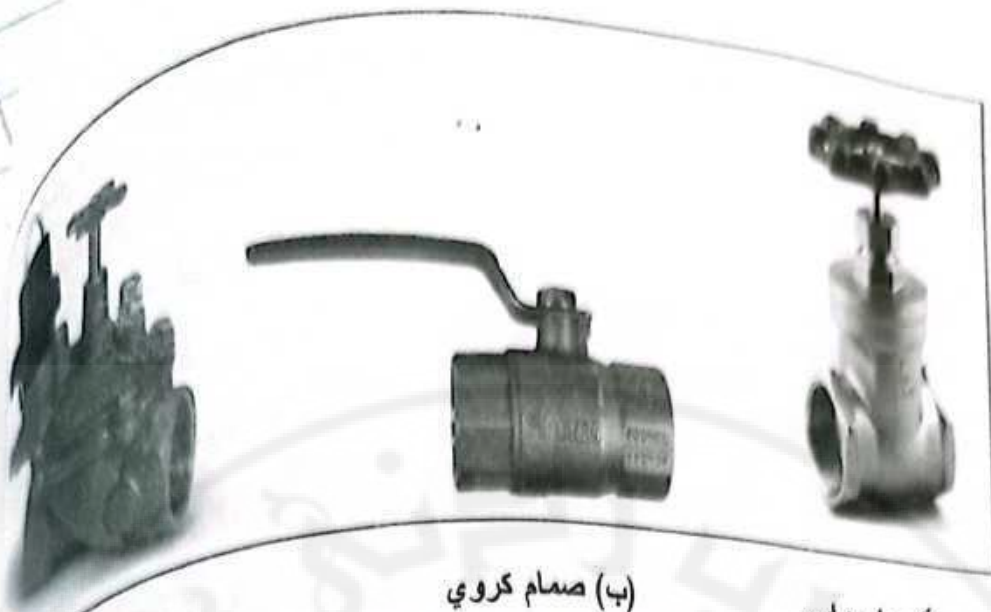
○ عدم إمكانية تفريغ الحبس العلوي من الأنابيب إذا كان السكر على

○ أنابيب أفقية.

• الصمام الكهربائي Electrical Valve: (الشكل 8-5ج) يعمل بالطاقة

كهربائية ويكون مزوداً بمقبض للتشغيل اليدوي. ويمكن أن يعمل على

لزنة ضغط تيار الماء ما بين مدخله ومخرجه.



(أ) صمام بوابي

(ب) صمام كروي

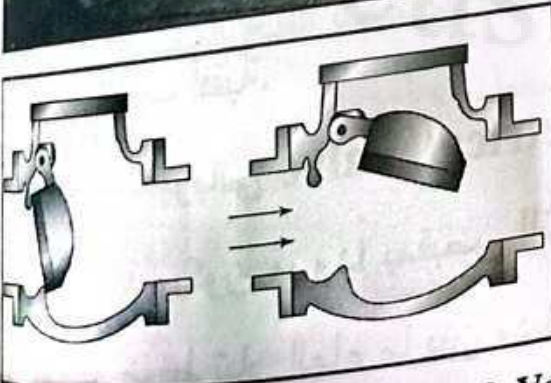
(ج) صمام

شكل (5-8): أنواع الصمامات التي يمكن استخدامها كصمامات تحكم رئيسة في الوحدة

2) صمام عدم الرجوع Check Valve: (الشكل 6-8 أ) وهو صمام ذو تصميم بسيط يسمح للماء بالسريان باتجاه واحد فحسب ويوقف الجريان المعاكس أو توماتيكياً (الشكل 6-8 ب)، يتم وضعه عادة بين المصدر المائي والسداة (الشكل 1-8) حتى يمنع رجوع الماء الذي يحتوي على أسسدة محاليل كيميائية إلى الورا، فيمنع بذلك تآكل المضخة ويحول دون الإضرار بالإنسان والحيوان نتيجة لتلوث المصدر المائي.



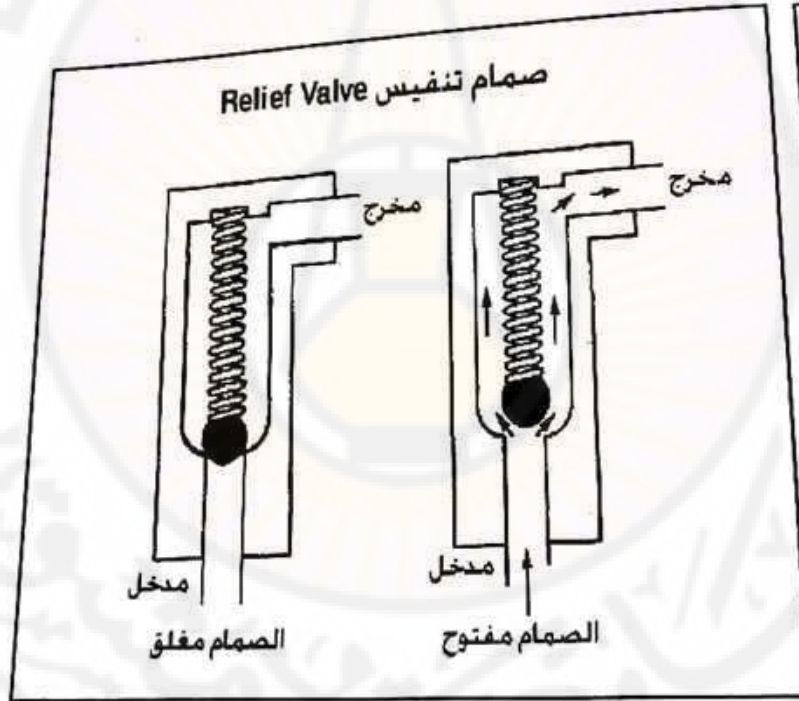
(أ) صمام عدم الرجوع



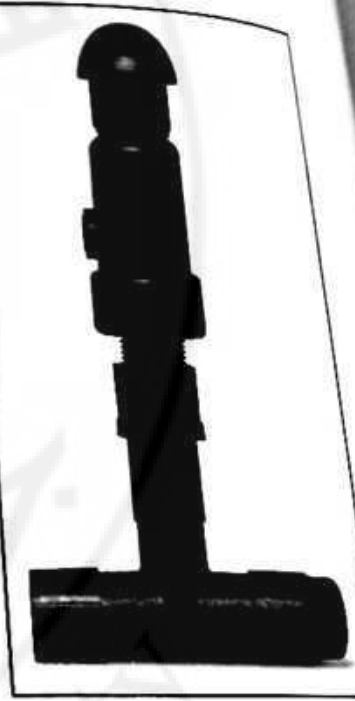
(ب) مبدأ عمل صمام عدم رجوع متأرجح قرصي. نلاحظ دخول الماء من اليسار إلى اليمين ومنعه لمروها بالاتجاه العكسي

شكل (6-8): صمام عدم الرجوع Check Valve ومبدأ عمله

(3) صمام تنفيس الهواء Air - Relief Valve: (الشكل 8-7، 8) يعمل هذا الصمام على طرد الهواء المتجمع في النقاط العالية من خط الأنابيب، كما يعمل على طرد الهواء في أثناء ملء الأنابيب وبالتالي فإنه من أضرار ظاهرة المطرقة المائية التي تسبب مشكلات وتصدعات في الأنابيب. يتم تركيب صمام التنفيس في الأنابيب الصاعدة وبجانب أنبوب طرد المضخة وعند النقاط العالية لصمامات التحكم في التصاريح الكبيرة، كما يتركب عند النفاصات إذا تم تركيبها في مواقع ذات سرعات عالية نسبياً. مبدأ عمله: يبين الشكل (8-7، 8) مبدأ عمل هذا الصمام: إذ يضغط الهواء المتراكم على كرة الصمام لإزاحتها من مكانها الذي يحيط بفوهة الصمام فيعمل بذلك على تحريك العتلة التي تطرد الهواء داخل النظام إلى الهواء الجوي.



(ب). مبدأ عمل صمام التنفيس



(أ). صمام التنفيس

شكل (8-7): صمام التنفيس Air-Relief Valve ومبدأ عمله

8-4-2- جهاز قياس تصريف المياه Flow Meter: يعمل على قياس تصريف (حرارة) المياه ويتم تركيبه في مركز التحكم كما في الشكل (8-8) كما يمكن أن تركيب عدادات منفصلة عند بداية كل جزء من أجزاء شبكة الري (بداية كل أنبوب فرعي) (الشكل 8-8).



شكل (8-8): عداد مياه مركب عند بداية الأنابيب الفرعي

وتأتي أهمية تركيب جهاز قياس تصريف المياه من أجل النقاط التالية:

- اختبار التصميمات الأولية لنظم الري بالتنقيط.
- إدارة وجدولة الري.

- المراقبة المستمرة لبعض العمليات في النظام من أجل تحديد الموعد المناسب للصيانة إذ يدل الانخفاض التدريجي في معدل التصريف على وجود انسداد في المرشحات أو النقاطات أو على انغلاق جزئي في بعض الصمامات أو انخفاض في كفاءة المضخة، ومن ناحية أخرى فإن زيادة التصريف على معدله الطبيعي قد تدل على وجود تسرب في أحد الأنابيب أو اختلاف في أداء المنقطات في الشبكة.

المؤثر على اختيار العداد:
قدرته على قياس نطاق واسع من التصاريح.
تحقيقه لمتطلبات السعة.
مواصفاته الأخرى مثل الدقة والحساسية وقدرته على التحمل في الظروف المختلفة.

4-2-3- أجهزة التسميد Fertilizer Mixer: يتم حقن الأسمدة
مباشرة عبر نظام الري بالتنقيط بواسطة أجهزة خاصة يختلف نوعها
اعتماداً على المعايير التالية:
حجم النظام.

نوع السماد الكيماوي المستخدم؛ فبعض الأسمدة تسبب صدأ وتآكلاً للأجزاء
لمعدنية في المضخة والوصلات والصمامات وأجهزة الترشيح؛ فالهدف هو
استخدام أبسط نظام ممكن.

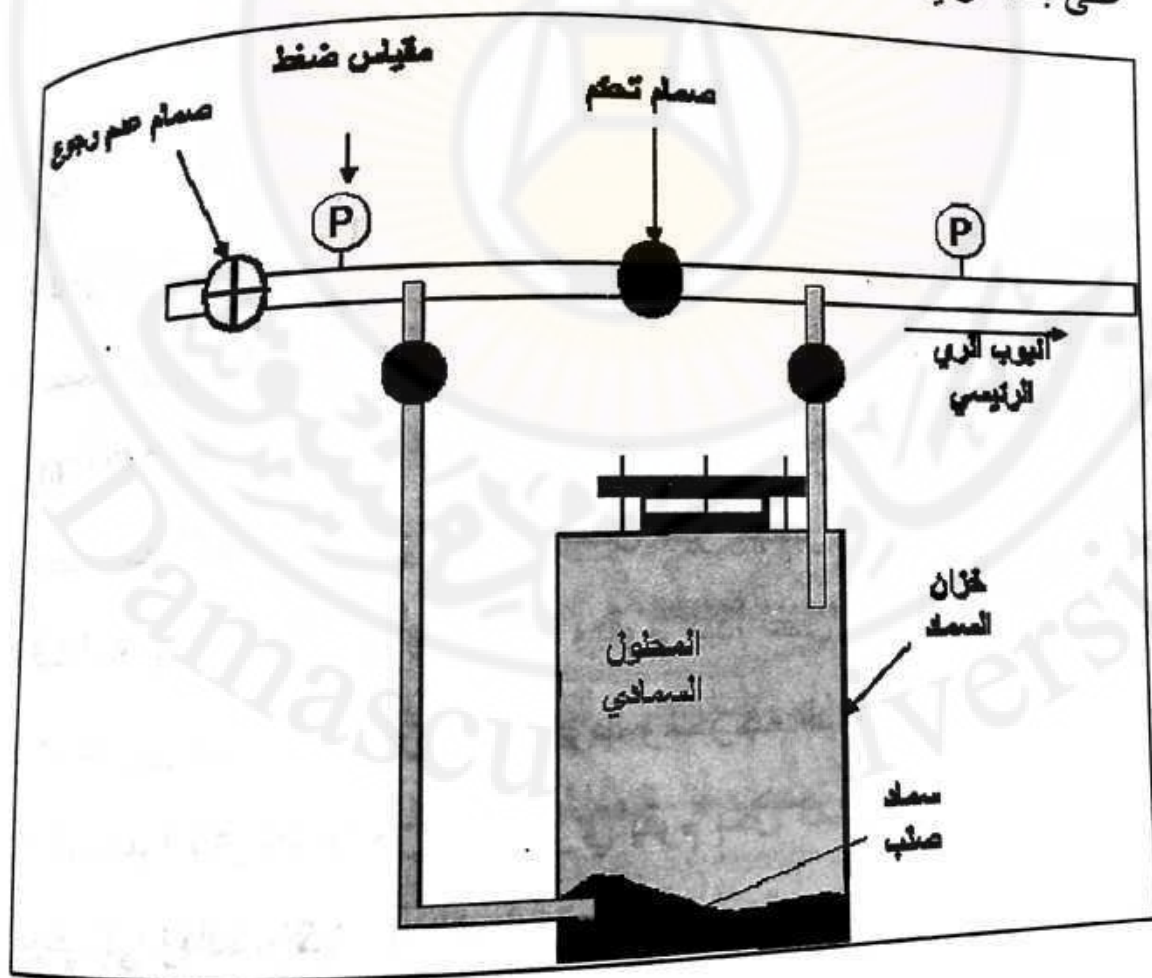
فة إضافة الأسمدة وتجانس توزيعها خلال فترة الري.

2-3-1- أنواع أجهزة التسميد:

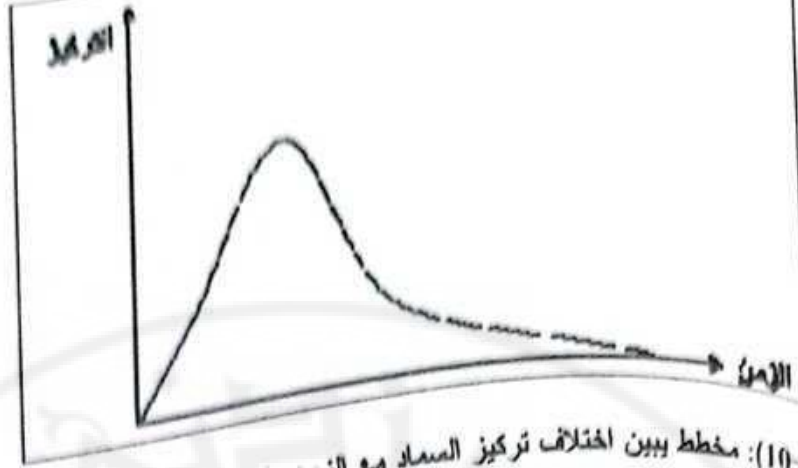
مادة فرق الضغط ذات الخزان العادي Pressure Differential Syste: (الشكل 8-9) تتألف هذا السمادة من خزان سماد مضغوط
صل مع الخط الرئيسي للشبكة بشكل غير مباشر ويتم فيه وضع المادة
مادية بصورة صلبة أو سائلة. ويقوم مبدأ عمل هذه السمادة على فرق
غط بين مدخل الخزان المضغوط ومخرجه الذي يتم توليده عبر سكر
م وبهذا فإن جزءاً من مياه الري يقوم بحل المادة الكيميائية تدريجياً مما
يؤدي إلى زيادة تركيز السماد خلال فترة معينة ومن ثم يأخذ تناقصه مع
ن تدريجياً إلى أن يصل إلى الصفر مما يعطي عدم تجانس في توزيع

الأسمدة. ويعتمد معدل التدفق المار عبر الخزان على قيمة فرق الضغط بين المدخل والمخرج، كما يعتمد حجم الخزان على المساحة المزروعة.

- مميزات:
 - غير حساس لتغيرات الضغط أو معدل التصريف. (وهو بذلك متميز عن نظام التسميد فنتوري).
 - ليس بحاجة إلى طاقة تشغيل حيث يكفي لتشغيله توفر تدفق مائي وفقدان ضغط داخل النظام.
- عيوبها: تتمثل عيوبها بشكل أساسي في اختلاف تركيز السماد ضمن مياه الري مع الزمن (الشكل 8-10) حيث يكون عالياً جداً عند بدء الري إلا أنه يتناقص تدريجياً حتى يصل إلى قيمة تساوي الصفر بعد مرور زمن محدد على بدء الري.



شكل (8-9): مكونات سمادة فرق الضغط



شكل (8-10): مخطط يبين اختلاف تركيز السماد مع الزمن باستخدام سمادة فرق الضغط

(2) سمادة فرق الضغط المزودة بوعاء مطاطي: تشبه هذه السمادة في بنيتها سمادة فرق الضغط العادية إلا أنها تحتوى في خزانها على غلاف مطاطي يتناسب حجمه مع حجم السماد الصلب المضاف، فكلما قلت كميته كلما قل حجم الغلاف، وكنتيجة لذلك تكون نسبة انحلال السماد على طول زمن التسميد متقاربة من بعضها بعضاً مما يجعل كفاءة هذه السمادة أعلى من كفاءة سمادة فرق الضغط العادية وقريبة من كفاءة السمادة الفنتورية.

(3) السمادة الفنتورية **Venturi Fertilizer Mixer**: وهي عبارة عن أنبوب في داخله اختناق (الشكل 8-11) يتم وصله مع الأنبوب الرئيسي للشبكة (الشكل 8-12). يعمل هذا الاختناق على توليد ضغط سالب يعمل على سحب المحلول السمادي من خزان الأسمدة بواسطة أنبوب متصل به من جهة ومغموس بهذا الخزان من طرفه الثاني.

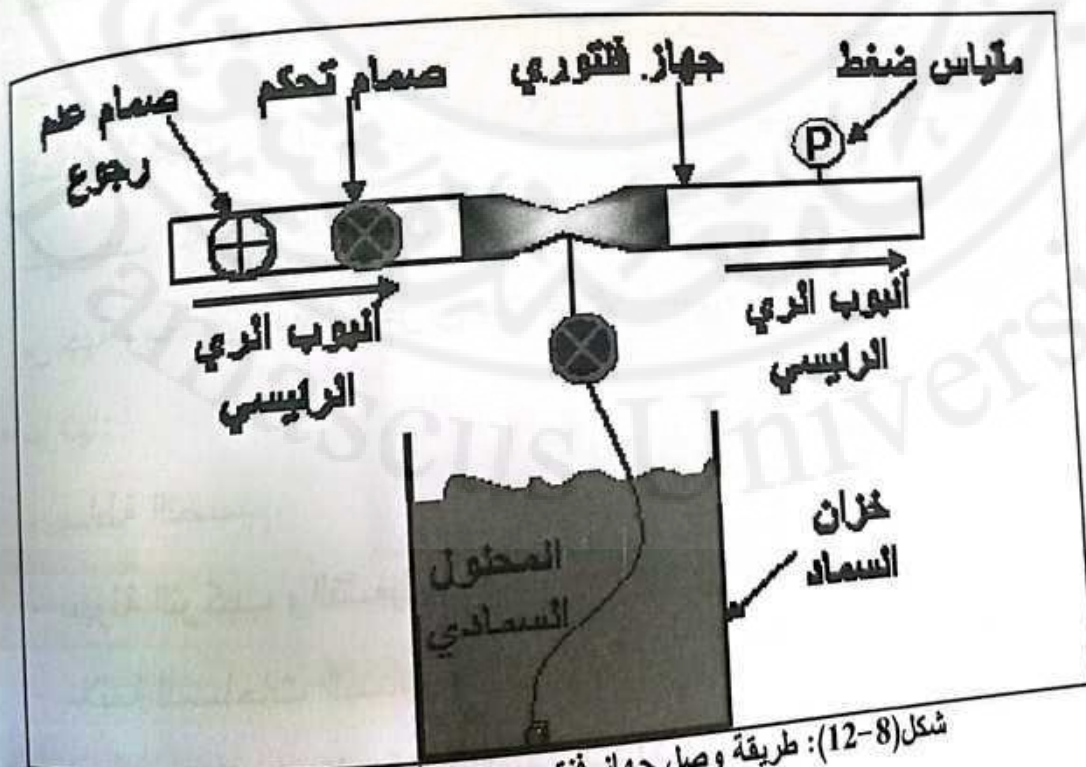
ميزاتها:

- بساطة التصميم.
- سهولة التركيب والتشغيل.
- ملائمة للمساحات الصغيرة.
- انخفاض تكلفتها مقارنة مع السمادات الأخرى.

- عيوبها:
- لا يمكن استعمالها مع التصارييف القليلة.
- ارتفاع فاقد الضغط عبرها.
- صعوبة ضبط معدل حقن الأسمدة لأن ذلك يتعلق وبشكل أساس
- بالضغط وبمعدل التصريف المار في نظام الري.
- التركيز فيها غير ثابت مع الوقت (الشكل 8-13).



شكل (8-11): جهاز فتوري



شكل (8-12): طريقة وصل جهاز فتوري مع الأنبوب الرئيسي للتدفق



شكل (8-13): مخطط يبين اختلاف تركيز السماد مع الزمن باستخدام السمادة الهيدروية

4) نظام التسميد بالمضخة الحاقنة **Injection Pumps System**: يعد نظام الحقن أفضل أنظمة التسميد في شبكات الري بالتنقيط، وتستخدم في هذه الطريقة مضخة لحقن المحلول السمادي الموجود ضمن وعاء غير مضغوط في أنبوب الري الرئيسي، ويتوقف نمط المضخة في هذا النظام على مصدر الطاقة المحركة للمضخة فهي إما أن تكون هيدروليكية أو كهربائية.

a.4. نظام التسميد بالمضخة الحاقنة الهيدروليكية (الشكل 8-14): يعمل هذا النوع من السمادات بواسطة ضغط المياه الموجودة داخل شبكة الري، حيث يوجد بداخلها جوانان (حلقتان مطاطيتان) تتحركان إلى الأعلى وإلى الأسفل تعملان على تنظيم ضخ السماد طوال فترة التسميد.

• ميزاتهما:

- لا تحتاج لمصدر طاقة للتشغيل.
- تحقق كفاءة عالية حيث يمكن ضبط معدل خروج السماد بما يتراوح بين (50-250) ليتر/ساعة.

b.4. نظام التسميد بالمضخة الحاقنة الكهربائية: (الشكل 8-15): وهي عبارة عن مضخة متصلة بمصدر خارجي للطاقة وهي تعد السمادة الأفضل على

الإطلاق حيث يعمل هذا النوع من السمادات بواسطة ضغط المياه الموجود داخل شبكة الري، حيث يوجد بداخلها جوانان (حلقتان مطاطيتان) تتحركان إلى الأعلى وإلى الأسفل تعمالن على تنظيم ضخ السماد طوال فترة التسميد.

• مزاياها:

- إمكانية الحصول على معدل حقن منتظم بتركيز ثابت ودقة عالية.
- إمكانية التحكم بمعدل التدفق المار عبر النظام وكذلك بمعدل حقن الأسمدة.

- عدم حصول ضياعات في الضغط ضمن نظام الري.
- كلفة تشغيل منخفضة.

• عيوبها:

- كلفتها التأسيسية مرتفعة.
- معقدة مقارنة مع الأنظمة الأخرى.
- استعمالها محصور بتوفر مصدر للطاقة الكهربائية.



شكل (8-14): المضخة الحاقنة الهيدروليكية مزودة بأنبوب السحب

شكل (8-15): المضخة الحاقنة الكهربائية

4-2-4-8- مقاييس الضغط Pressure gauge: يحتاج نظام الري بالتنقيط إلى أكثر من مقياس للضغط يتم وضعها غالباً عند نهاية وحدة التحكم وذلك لتنفيذ ضغط الماء الجاري في شبكة الأنابيب كما يتم تركيبها أيضاً قبل كل من أجهزة الترشيح والتسميد وبعدها (الشكل 8-1) وذلك بهدف معرفة فرق الضغط بين الطرفين الذي يدل على وجود أي انسداد أو عرقلة لتدفق المياه ويمكن حينئذ تلافي ذلك عن طريق تنفيذ الصيانة الملائمة التي قد لا تتعدى في كثير من الأحيان التنظيف بالغسيل.

بعد مقياس بوردون (شكل 8-16) من أهم المقاييس الميكانيكية لقياس الضغط المطلق وأكثرها شيوعاً لسهولة القراءة والدقة وانخفاض التكلفة.



شكل (8-16): مقياس

4-2-4-8-5- أجهزة الترشيح والتصفية (الفلاتر) Filters: تستخدم المرشحات لحجز الشوائب والأتربة من الدخول إلى شبكة الري الحديث وتتجلى أهميتها بوضوح في نظام الري بالتنقيط نظراً لصغر أقطار خطوط السقاية (خطوط النقاطات) من جهة ولصغر فوهة النقاطات من جهة ثانية مما يحول دون انسداد النقاطات وانخفاض تصريفها ويحافظ على تجانس توزيع

المياه على النباتات وترتبط كفاءة عمل النقاطات بصورة مباشرة بكفاءة المرشحات.

1-5-2-4-8- معايير اختيار المرشحات واستخدامها: يعتمد اختيار المرشح وحده الترشيح وحجمها وسعتها على الأسس التالية:

(1) نوعية المياه وحجم وطبيعة الشوائب فيها.
(2) النقاطات المستخدمة والتي يجب إتباع توصية صانعيها في اختيار درجة الترشيح المطلوبة، فعندما لا تكون هناك توصية معينة تتبع القاعدة العامة وهي: " أن يرشح الماء في حدود (25)% من قطر أصغر فوهة مستخدمة في نظام الري".

(3) درجة الترشيح المطلوبة: عندما تكون مشكلة الانسداد مصنفة على أنها خطيرة يجب استخدام نوعين أو أكثر من أنظمة الترشيح، وكقاعدة عامة يجب أن تصمم وحدات الترشيح بسعة إضافية لا تقل عن (20)% وبالتالي يجب زيادة حجم المضخة تبعاً لذلك للحصول على ضغط تشغيل إضافي وسعة تكفي لغسل المرشحات وخطوط الأنابيب.

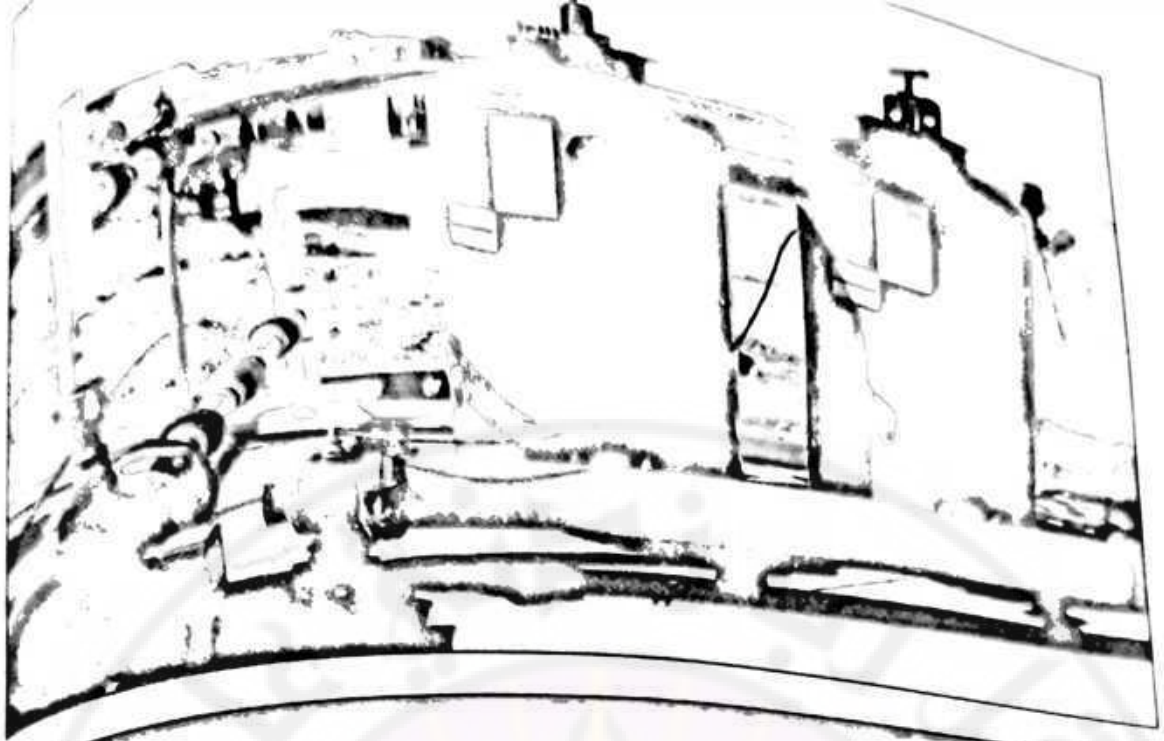
(4) ينبغي تركيب ساعتي ضغط قبل المرشح وبعده لتحديد الموعد المناسب لغسله وعادة نستدل على الوقت المناسب لعملية غسل المرشح عندما يصبح الفارق بين قراءتي هذين المقياسين (0.5) بار.

(5) يتم وصل المرشحات من نفس النوع على التوازي من أجل تفادي الضياعات الناجمة عن كل مرشح ومن أجل عمليات الغسيل.

(6) في حال وجود مسمدة فإنها تتركب قبل المرشح الشبكي لمنع انسداد النقاطات في حالة الأسمدة غير الذائبة تماماً.

(١) المرشح الرملى Sand Filter: تأتي المرشحات الرملية بتصاميم مختلفة الشكل (٨-١٧) تتألف جميعها بشكل أساسى من حبيبات من الحصى الناعم والرمل مختارة وفق أحجام معينة تتراوح بين (٢٥ - ١٠٠) ميكرو متراً وموضوعة في وعاء مضغوط. يتم تركيب المرشح الرملى عند بداية المجموعة الرأسية إذا كان مصدر المياه خزاناً أو نهراً أو قناة مفتوحة وعند مرور مياه الري في المرشح تقوم طبقة الرمل أو الحصى بحجز الجزيئات العالقة الكبيرة والمواد العضوية والطحالب والرمال، ومن ثم يتم إخراجها عبر الفوهة الموجودة في أسفل المرشح وهي تعمل إما بتأثير الضغط أو بتأثير الجاذبية الأرضية، ويعد النوع الأول الأكثر شيوعاً لأنه يوفر معدلات تدفق مناسبة بينما الآخر بطيء التصريف ويحتاج مساحة سطحية كبيرة لحركة الماء مقارنة بالأول.

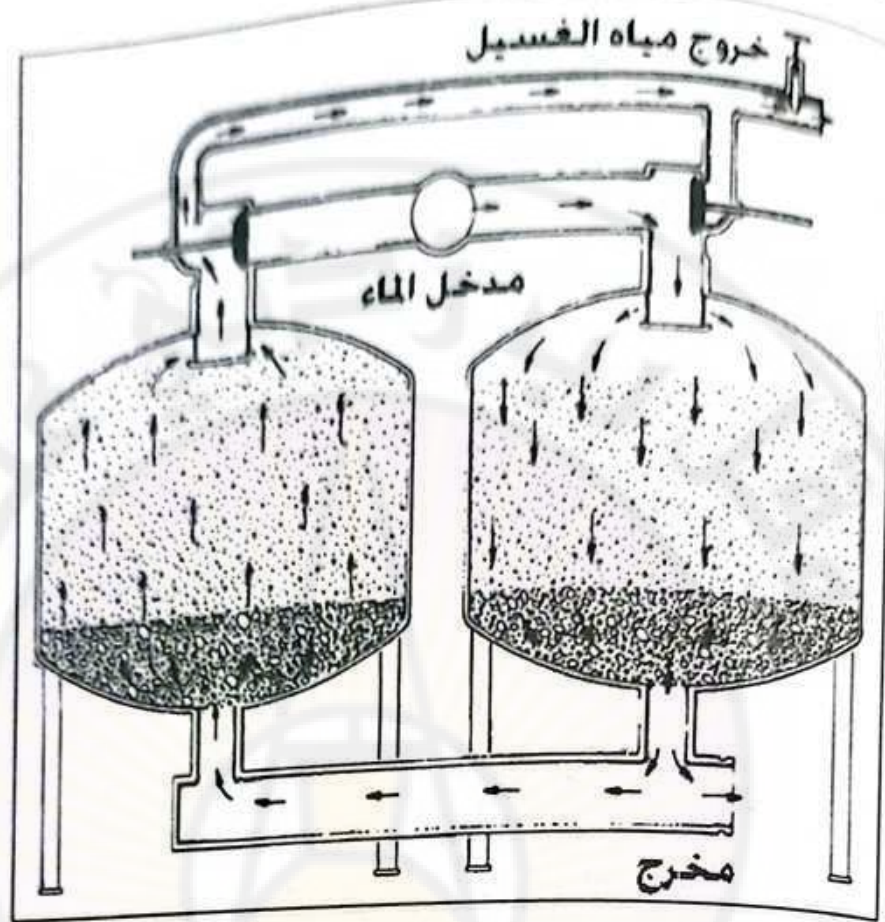
- يعمل المرشح الرملى على إزالة المواد العالقة العضوية وغير العضوية وبكميات كبيرة قبل أن يحتاج إلى التنظيف، كما يعمل على إزالة الحبيبات التي لا تستطيع بعض المرشحات مثل المرشحات الدوامية إزالتها وبفعالية عالية، إلا أن البعض من هذه المرشحات توفر بيئة ملائمة لنمو الجراثيم.
- يعتمد اختيار نوع المرشح الرملى المناسب وحجمه على عوامل عديدة من أهمها نوع وحجم وتركيز شوائب مياه الري والتصريف التصميمى للنظام ثم كفاءة الترشيح المطلوب تحقيقها.
- تصمم سرعة الترشيح في المرشحات الرملية لتكون ضمن حدود لا تزيد عن (٠.١) ليتر/دقيقة لكل سم^٢ من مساحة المرشح.



شكل (8-17): أشكال مختلفة من المرشحات الرملية

- يعاد تنظيف المرشح الرملي عندما تمتلئ الفراغات بين حبيبات المرشح بالشوائب وذلك بدفع تيار من الماء باتجاه معاكس (من أسفل إلى أعلى) (الشكل 8-18)، ويمكن الاستدلال على حاجة المرشحات للغسيل من الاختلاف في قراءة عدادات الضغط المركبة عند مداخل المرشحات

ومخارجها (عادة 0.5 بار) كما يجب أن يتم غسلها باستخدام مياه من مرشح نظيف وليس من المصدر المائي.



شكل (8-18): الغسيل العكسي للمرشح الرملي

(2) المرشح الشبكي **Screen Filter**: يتألف من جسم خارجي اسطواني الشكل مصنوع من المعدن غير القابل للصدأ أو من البلاستيك (PVC) يحتوي في داخله على حاجز الترشيح الذي يتألف من اسطوانة متقبة مغلفة بالمصافي (منخل).

• يعمل المرشح الشبكي كمرشح نهائي لحجب الأجزاء الصغيرة العالقة أو الرمل، لذلك يتم تركيبه في نهاية المجموعة الرأسية بعد وحدة التسميد عند بداية خط الأنابيب الرئيسية كما يمكن أن تتركب في مواقع عديدة من الشبكة إذا دعت الحاجة. ويتم تركيب وحدة واحدة أو أكثر من الفلاتر الشبكية وذلك تبعاً لكفاءة الترشيح المطلوبة (الشكل 8-19، أ، ب).

• يستخدم هذا النوع من المرشحات مع مياه الآبار المحملة بالرمال ولان هذا المرشح فعالاً إذا كانت المياه محملة بحبيبات غروية دقيقة أو بحبيبات الطين.

• يختلف نوع حاجز الترشيح تبعاً لكثافة المنخل وسماكته أي قطر الأمشاط المصنوع منها وسطح الترشيح الذي هو عبارة عن نسبة مساحة الغراء إلى مساحة المنخل الكلية. وتكون ثقوب المنخل مربعة أو مستطيلة الشكل ودقيقة جداً تتراوح مساحتها بين (75 — 800) ميكرون ويبلغ عددها نحو 200 ثقب في البوصة المربعة.

• ويشترط عند اختيار الفلتر الشبكي ملائحته للنقاطات المستخدمة في الشبكة، فعند شراء نقاطات ذات ثقوب دقيقة يجب اختيار المرشح الشبكي المناسب لها لخفض إمكانية انسدادها، ولذلك يراعى أن يكون مقياس الثقوب في منخل التصفية من (7/1 — 10/1) من قياس فتحة النقاطات.

• غالباً ما يكون الفلتر الشبكي في موضع تابع للفلتر الرملي لحجز الشوائب الدقيقة التي تمر من المرشح الرملي، إذ يمكن للطحالب أن تسبب انسداد في مداخل التصفية وبالتالي خفض طاقة الترشيح. وبهذا يمكن أن يكون الفلتر الشبكي بمنزلة صمام أمان لشبكة الري بالتنقيط في حالة تعطل الفلتر الرملي.

• يجب أن يزود المرشح الشبكي بمقياسين للضغط أحدهما يركب قبله والآخر بعده وذلك لتحديد الموعد المناسب لعملية غسيله، إذ يدل ارتفاع فرق الضغط عن حد معين بين مدخل المرشح ومخرجه على درجة انسداد ثقوبه وبالتالي موعد الغسيل المناسب الذي يمكن أن يتم يدوياً (الشكل 8-20) أو آلياً.



(ب)



(أ)

شكل (8-19) المرشحات الشبكية

(أ). استخدام وحدة واحدة من المرشحات الشبكية

(ب). استخدام وحدتين من المرشحات الشبكية مع ملاحظة حاجز التصفية (المنخل) بجانبها

ويتم الغسل الآلي بطرائق عدة منها فرق الضغط أو الغسيل المستمر بالقوة الطاردة المركزية، ففي الطريقة الأولى عندما يحدث تراكم للشوائب على المنخل، يحدث فرق بين ضغط الماء الداخل والخارج، وعندما يصل هذا الفرق إلى حد معين يفتح صمام جانبي يقوم بعكس اتجاه جزء من الماء ليقوم بالغسل وإخراج الشوائب عن طريق صمام للصرف، أما في طريقة الغسيل المستمر فيكون المرشح مصمماً ليحتوي على فوهات مركبة على الأسطوانة الداخلية ومائلة، فعندما يخرج منها الماء يدور جسم المرشح

الداخلي بسرعة بفعل القوة الطاردة المركزية ويصطدم الماء الخارج من هذه الفتحات بالمنخل وبسرعة مناسبة لإزالة أي شوائب يمكن أن تعلق بالمنخل وتخرج مياه الغسيل من خلال أنبوب صرف جانبي.



شكل (8-20): الغسيل اليدوي لمنخل الترشيح الخاص بالمرشح الشبكي

(3) المرشح القرصي Disk Filter: (الشكل 8-21) وهو يشبه المرشح الشبكي إلى حد كبير، ذو جسم أسطواني قد يكون معدنياً أو بلاستيكياً يحتوي في داخله على حاجز الترشيح المؤلف من حلقات بلاستيكية مزودة بالعديد من الأتلام مركبة على محور داخلي تشكل عند تجمعها فوق بعضها بعضاً مسافات بينية صغيرة تكون ملائمة لحجز الشوائب غير العضوية مثل حبيبات الرمل والملت والطين.

يتم تركيب المرشح القرصي في نهاية المجموعة الرأسية كمرشح إضافي إلى جانب المرشح الشبكي ويعد المرشح القرصي قليل الاستخدام لأنه سريع الانسداد.



شكل (8-21): المرشح القرصي

4) المرشح الدوامي (مرشح الطرد المركزي) Centrifugal Filter: (الشكل 8-22) هو عبارة عن خزان معدني مخروطي مغلق يستخدم لإزالة الجسيمات ذات الوزن النوعي العالي كما في حالة مياه الآبار التي تحتوي على محتوى عالٍ من حبيبات الرمل بفعل القوة الطاردة المركزية ويتم تركيب المرشح الدوامي عند بداية المجموعة الرأسية عند مأخذ المضخة كمرشح أولي إضافة إلى المرشح الرمل.

يتم فصل حبيبات الرمل في المرشح الدوامي تحت تأثير القوة الطاردة المركزية التي تقوم هذه القوة بدفع الجزيئات الصلبة نحو الأسفل إلى حجرة جمع خاصة مربوطة بأسفل الخزان ومن ثم يتم التخلص من الأجزاء المجموعة بفتح صمام خاص دون الحاجة إلى إيقاف عملية الضخ.



شكل (8-22): المرشح الدوامي

3-4-8- شبكة الأنابيب Piping System:

I-3-4-8- أجزاء شبكة الأنابيب:

- 1-1- الأنابيب الرئيسية Main Pipes: هو الخط الذي يعمل على نقل المياه من المصدر المائي إلى الأنابيب الفرعية ويكون غالباً مصنوعاً من البلاستيك الصلب (Poly Vinyl Chloride (Rigid P.V.C) أو البولي إيثيلين Poly Ethylene ويمكن أن يُصنع من الأسبستوس الإسمنتي (Asbestos cement) أو الصلب المجلفن (Galvanized steel Pipe)، وأكثر هذه المواد استعمالاً هي الـ PVC والإسبستوس.
- تبدأ أقطار الأنابيب الرئيسية من (5 سم (2 إنش) وبصفة عامة من أهم النقاط الواجب مراعاتها عند اختيار قطر الأنبوب الرئيسي هي اختيار

المقصر الاقتصادي الذي يحقق أقل مجموع من التكاليف الأولية للأنابيب والتكاليف التشغيلية.

• يكون الخط الرئيسي مدفوناً تحت سطح التربة على عمق يتناسب مع قدرة تحمل مادة الأنبوب للضغوط الواقعة عليها نتيجة لحركة الآلات فوق السطح، فإذا كان الأنبوب الرئيسي مصنوعاً من الـ PVC يجب ألا يقل عمقه عن سطح الأرض عن (50) سم أما إذا كان مصنوعاً من الصلب المجلفن فيركب فوق سطح الأرض.

يمكن أيضاً وجود أنابيب تحت رئيسية تصل بين الأنابيب الرئيسية والأنابيب الفرعية وذلك تبعاً لتصميم الشبكة.

2- الأنابيب الفرعية Sub-Main Pipes: تعمل على نقل المياه من الأنبوب الرئيسي Main Pipe إلى خطوط السقاية Lateral Pipes. وتكون هذه الأنابيب مصنوعة إما من الـ PVC حيث تكون في هذه الحالة مدفونة كما في حالة الأنابيب الرئيسية أو من البولي إيثيلين PE وعندها تكون مركبة فوق سطح الأرض وذلك بسبب قدرة هذه المادة على مقاومة لأشعة فوق البنفسجية.

زاح أقطارها الشائعة الاستعمال بين (32-50) مم.

حكم الأنابيب الفرعية في تصريف المياه الواصلة لكل مقسم من مقاسم في المقررة بحسب التصميم المقرر للشبكة وبحسب جدول الري وضوعة لذلك يتم تزويد كل أنبوب من الأنابيب الفرعية عند بداية المقسم بمياه ومقياس للضغط (الشكل 8-23) بهدف التأكد من أن النظام يعمل بضغط التشغيل المناسب ولمقارنة قراءة هذا المقياس مع مقياس ضغط الأخرى الموجودة على الخطوط الفرعية الأخرى بهدف اكتشاف عطل في أجزاء الشبكة.



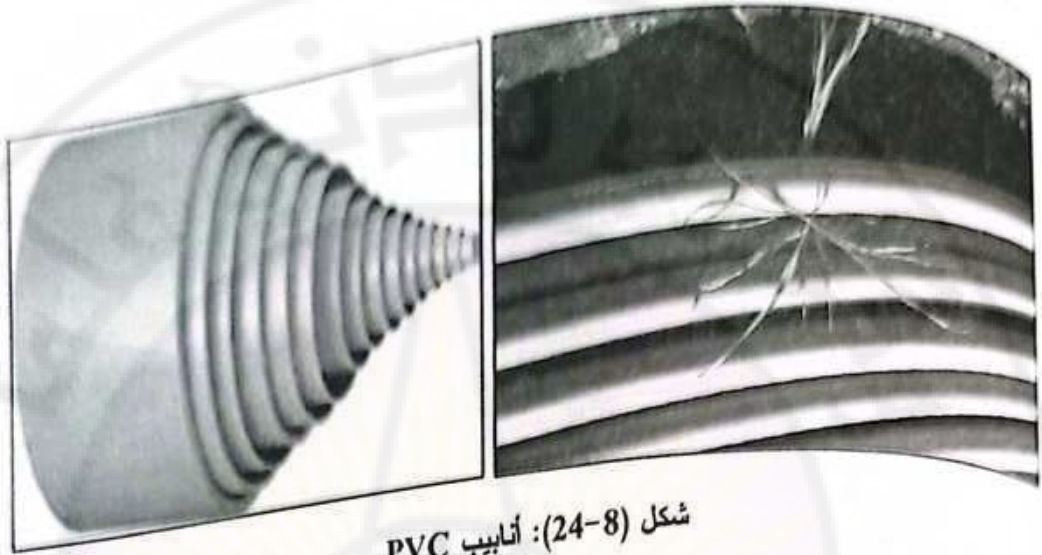
شكل (8-23): أنبوب فرعي يعمل على توصيل المياه بين أنبوب تحت رئيسي وشبكة أنابيب السقاية ضمن مقسم الري. مزود في بداته بمقياس للضغط وعداد مياه

3-1- أنابيب السقاية Lateral Pipes: تعمل هذه الأنابيب على توصيل المياه من الأنابيب الفرعية إلى النبات عبر النقاطات وتكون مصنوعة من البولي إيثيلين PE ذي نسبة كربون (2)% لمقاومة الأشعة فوق البنفسجية والتغيرات الجوية.

- أكثر أقطار لهذه الخطوط شيوعاً هي: (16) و (20) مم.
- تمتد خطوط السقاية هذه عموماً بجوار صفوف النباتات أو بينها.
- يمكن أن تتركب النقاطات مباشرة على أنابيب السقاية باستخدام مثاقب خاصة، أو يمكن أن تتصل بها بواسطة أنابيب توصيل خاصة (سباغيتي-معكرونة) أو بواسطة حوامل خارج الخطوط (الرشاشات الصغيرة، Micro Sprinkler).

4-3-11- أنواع الأنابيب البلاستيكية:

1-11- أنابيب مصنوعة من البلاستيك الصلب Poly Vinyl Chloride (PVC): الشكل (8-24) غالباً ما تصنع الأنابيب الرئيسية والفرعية من (PVC) وهو بلاستيك صلب الملمس ذو لون رمادي لامع، ويتميز بالخواص ثمة وسهولة تركيبه.



شكل (8-24): أنابيب PVC

أهم الأمور الواجب مراعاتها عند استعمال أنابيب PVC:

1. حمايتها من أشعة الشمس وذلك بتغطيتها بغطاء أسود من PE عند التنقل بها في الحقل.

2. وضعها على عمق يتراوح ما بين (60-80) سم لحمايتها من الآلات الموجودة في الحقل أثناء عمليات الخدمة الزراعية.

يعد الـ (PVC) من أسوأ أنواع البلاستيك من حيث أثره على البيئة والإنسان بسبب عدم استقرار هذا البوليمير تجاه الضوء والحرارة مما يؤثر بشكل كبير على بنيته وعلى خواصه الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية وذلك بسبب نزع HCl الذي يعد مركباً عالي السمية، كما أن الإيثيلين الكلور والفينيل كلورايد يسببان مشكلات صحية عدة بما فيها السرطان.

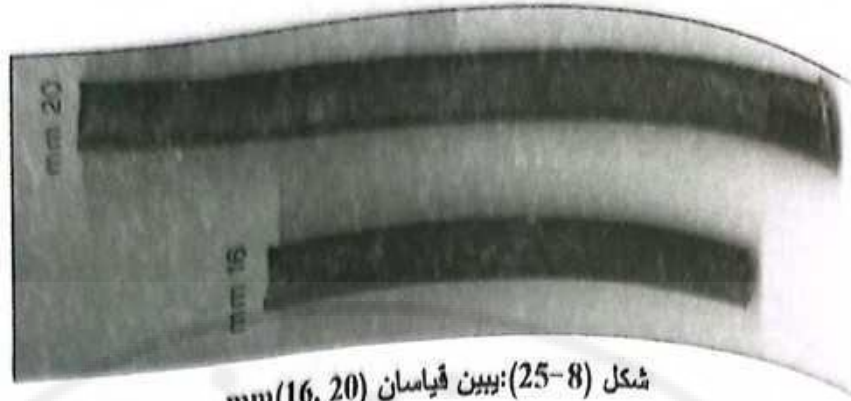
- يتوافر في السوق المحلية الأقطار التالية من أنابيب الـ PVC (مم): 63، 75، 90، 110، 125، 140، 160، 200، 225.
- فيما يلي جدول بالموصفات الخاصة بأنابيب الـ PVC:

جدول (1-8): مواصفات أنابيب الـ PVC:

الضغط (ك.غ.م)	السك (مم)	القطر الخارجي (مم)
2.5	1.2	15.5
2.5	1.2	18
2.5	1.5	20
4.0	2.1	25
4.0	2.6	32
4.0	2.7	40
4.0	2.7	50
4.0	2.7	63
4.0	3.2	75
4.0	5.1	90
6.0	6.3	110

II-2- أنابيب مصنوعة من البولي إيثيلين (PE) Poly Ethylene:
وهي أنابيب مصنوعة من مركبات البولي إيثيلين الذي يحتوي على (2.5) % كربون أسود لزيادة عمر الأنبوب من جهة ولحمايته من ضوء الشمس من جهة ثانية، وتتحمل ضغطاً أقل من (16) باراً.
يوجد منها نوعان:

- بولي إيثيلين منخفض الكثافة أو الطري (LDPE Low Density Poly Ethylene) ويرمز له PE25. يستخدم هذا النوع في صناعة أنابيب السقاية التي تتراوح أقطارها بين (12-32) مم، وأكثرها استخداماً (16) مم، الشكل (8-25).



شكل (8-25): يبين قياسان (16, 20) mm

من البولي إيثيلين منخفض الكثافة المستخدمة كأنابيب فرعية

• بولي إيثيلين عالي الكثافة أو القاسي HDPE (High Density Poly Ethylene) ويرمز له بـ PE50. يستخدم في صناعة الأنابيب الفرعية.

وتتميز بما يلي:

1. ذات وزن خفيف مقارنة مع أنابيب الحديد.
2. مقاومة للتآكل.
3. صديقة للبيئة وعديمة الرائحة.
4. متحملة للظروف الجوية القاسية وأشعة الشمس.
5. يصل عمرها إلى (50) سنة.
6. مقاومة للتشوه.
7. سطحها الداخلي ناعم وبالتالي فاقد الاحتكاك منخفض.
8. ذات أداء ممتاز وسهلة في الصيانة.

• أهم الأمور الواجب مراعاتها عند استعمال أنابيب PE:

1. لا تتأثر بأشعة الشمس لذلك يمكن تركها بالعراء.
2. عند دفنها تحت سطح التربة يجب تجنب التوائها من أحمال التربة عليها
- ولا يجب دفن النوع LDPE لعمق يزيد عن 30 سم.

• جدول (2-8) مقارنة بين أنابيب الـ (PVC) وأنابيب الـ (PEHD)

HDPE	PVC
خالي الكلور	يحتوي على
1- ينتج مركبات سامة عند التصنيع	ينتج مركبات سامة عند التصنيع
قدرة عالية على عدم التآكل والمقاومة الكيميائية	قدرة متوسطة على عدم التآكل والمقاومة الكيميائية
أقل حساسية للصدمات المفاجئة	حساس للصدمات المفاجئة
مرن	قاسي

- وفي سورية تقوم شركات عدة بتصنيع أنابيب الـ Poly Ethylene بأقطار قياسية تبدأ من (16) مم إلى (500) مم (قطر خارجي)، وتساوي المواصفات التالية بالنسبة للأقطار: الألمانية (DIN)؛ والعالمية (ISO).
- أما بالنسبة لمواصفات الأنابيب نفسها فإنها تنتج في سوريا وفقاً للمواصفات التالية:

- الألمانية (DIN) 8072 - 8074
- مواصفة (ISO) 4427

- المواصفة السورية (967) للأبعاد.

- المواصفة السورية (972) الخاصة بمياه الشرب.

- من الأمور المهمة في تصنيع أنابيب البولي إيثيلين بأنواعه هو الضغط الاسمي PN (Nominal Working Pressure)، وبحسب المواصفة العالمية ISO 4427 يكون تغير تحمل الضغط بتغير درجات الحرارة وفقاً للجدول (3-8) التالي:

جدول (3-8) يبين تغير الضغط بتغير درجات حرارة الماء بحسب المواصفة العالمية ISO 4427

ضغط التشغيل الاسمي (بار) Nominal Working Pressure (Bar)				درجة حرارة الماء Water Temperature C°
PN16	PN10	PN6	PN4	
16.00	10.00	6.00	4.00	20
14.88	9.30	5.58	3.72	25
13.92	8.70	5.22	3.48	30
12.80	8.00	4.80	3.20	35
11.84	7.40	4.44	2.96	40
10.88	6.80	4.08	2.72	45

وفيما يلي يبين الجدول (4-8) مواصفات الأنابيب PE 63 حسب المواصفة الألمانية DIN 8074 والمواصفة السورية S.N.S:967 / 1992.

جدول (4-8) يبين مواصفات الأنابيب PE 63 بحسب المواصفة الألمانية DIN 8074 والمواصفة السورية S.N.S:967 / 1992:

PE63				
PN16	PN10	PN6	PN4	O.D.
W.T. (mm)	W.T. (mm)	W.T. (mm)	W.T. (mm)	mm
2.3	1.8	-	-	16
2.8	1.9	1.8	-	20
3.5	2.3	1.8	-	25
4.5	3.0	1.9	1.8	32
5.6	3.7	2.3	1.8	40
6.9	4.6	2.9	2.0	50
8.7	5.8	3.6	2.5	63
10.4	6.9	4.3	2.9	75
12.5	8.2	5.1	3.5	90
15.2	10.0	6.3	4.3	110
17.3	11.4	7.1	4.9	125
19.4	12.8	8.0	5.4	140
22.1	14.6	9.1	6.2	160
24.9	16.4	10.2	7.0	180
27.6	18.2	11.4	7.7	200
31.1	20.5	12.8	8.7	225
34.5	22.8	14.2	9.7	250

على اعتبار أن: الضغط الاسمي PN سماكة الجدار W.T القطر الخارجي O.D

- وفيما يلي أيضاً يبين الجدول (5-8) مواصفات الأنابيب LDPE السورية 1790/S.N.S: 1997/:

جدول (5-8): مواصفات الأنابيب LDPE بحسب المواصفة السورية 1790/S.N.S: 1997/

LDPE PIPES		
PN4		
I.D.(mm)	W.T.(mm)	O.D.(mm)
13.6	1.2	16
17	1.5	20
21	2.0	25
27.2	2.4	32

الضغط الاسمي PN سماكة الجدار W.T القطر الخارجي O.D القطر الداخلي I.D

- أما الجدول (6-8) فإنه يبين لنا المواصفات السورية لأنابيب HDPE 36:

جدول (6-8): المواصفات السورية القياسية لأنابيب HDPE 63 (Al Shamel Group. Sp.)

القياس	2.5 بار		3.2 بار		4 بار		6 بار		10 بار
	ملم	كغ	ملم	كغ	ملم	كغ	ملم	كغ	
سمك الجدار-الوزن	سمك الجدار-الوزن		سمك الجدار-الوزن		سمك الجدار-الوزن		سمك الجدار-الوزن		سمك الجدار-الوزن
10	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0
12	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0
16	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0
20	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0
25	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0
32	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0
40	-	-	-	-	-	-	0.150	2.0	2.3
50	-	-	-	-	-	-	0.196	2.0	3.0
63	-	-	-	-	2.0	2.48	0.285	2.3	3.7
75	2.0	-	2.0	-	2.0	0.314	0.440	2.9	4.6
90	2.2	0.478	2.4	0.399	2.5	0.494	0.688	3.6	5.8
110	2.7	0.639	2.8	0.572	2.9	0.675	0.976	4.3	6.9
125	3.1	0.941	3.5	0.791	3.5	0.978	1.39	5.1	8.2
140	3.5	1.23	3.9	1.20	4.3	1.46	2.08	6.3	10.0
160	3.9	1.54	4.4	1.51	4.9	1.88	2.66	7.1	11.4
180	-	1.95	5.6	1.92	5.4	2.32	3.34	8.0	12.8
200	-	-	5.0	2.47	6.2	3.04	4.35	9.1	14.6
225	-	-	6.2	3.12	7.0	3.84	5.48	10.2	16.4
250	-	-	7.0	3.84	7.7	4.69	6.79	11.4	18.2
	-	-	7.8	4.84	8.7	5.96	8.55	12.8	20.5
	-	-	-	5.99	9.7	7.37	10.6	14.2	22.8

• أما بالنسبة للجدول (7-8) التالي فإننا نلاحظ فيه مجموعة من القياسات المتتوالية في السوق المحلية ولا تخضع للمواصفات:

جدول (7-8): قياسات مستعملة في السوق المحلية HDPE:

قياس اسمي	القطر الحقيقي	القطر الداخلي	السماكة	الوزن
مم	مم	مم	مم	كغ/م
16	15.4	13.6	1.2	0.055
16	16	13	1.5	0.065
20	19	16	1.5	0.075
20	19.6	16	1.8	0.096
50	48	43	2.5	0.35
63	61	55	3	0.55
90	88	79	4.5	1.15
110	106	95	5.5	1.65
125	122	110	6.5	2.24

4-4-8- النقاطات Emitters: تعد من أهم أجزاء شبكة الري بالتنقيط وهي عبارة عن الأجزاء الصغيرة التي يتم بواسطتها إضافة المياه من أنابيب السقاية إلى النبات بمعدل ثابت ومنخفض جداً، وتقسّم النقاطات وفقاً لعدة اعتبارات نوجزها كالتالي:

4-4-8-1- تقسيم النقاطات:

• بحسب طريقة توزيعها على أنبوب السقاية:

1. نقاطات خارجية (External emitter / On line): وتركب على خط

التوزيع مباشرة بواسطة مثقب خاص.

2. نقاطات داخلية (GR / In line): يتم تركيبها داخل أنبوب السقاية

و على مسافات معينة وثابتة على طوله.

- بحسب معدل تصريفها: الذي يختلف باختلاف ضاغط التشغيل الذي يكون عادة (10)م.

1. نقاط منخفضة التصريف (2)ليتر/سا.
2. نقاط متوسط تصريف (2 - 8)ليتر/سا.
3. نقاط مرتفعة التصريف (8-16)ليتر/سا

- بحسب قابليتها للانسداد:

1. نقاط حساسة للانسداد عندما يكون قطر فوهة تصريفها أقل من (0.8)مم.
2. نقاط متوسطة الحساسية عندما يتراوح بين (1-1.5)مم.
3. نقاط منخفضة الحساسية للانسداد عندما يزيد قطر فوهة تصريفها عن (1.5)مم.

- بحسب إمكانية تنظيفها:

1. نقاط ذاتية التنظيف Self flushing
2. نقاط التنظيف يدوياً Manual flushing

- تقسيم النقاط بحسب ضاغط التشغيل:

1. نقاط ذات ضاغط تشغيل منخفض يتراوح بين (0.2-0.5)بار
2. نقاط ذات ضاغط تشغيل متوسط من (0.5-1) بار.
3. نقاط ذات ضاغط تشغيل مرتفع أكبر من (1)بار، وهي تعد أكثر النقاط شيوعاً.

- بحسب نظام عملها:

1. نقاط طويلة المسار.

2. نقاط مزمومة الفتحات ذات فتحات صغيرة جداً تتراوح من (0.5 - 1.5) مم.
3. نقاط دوامية.

8-4-2- الصفات المفضلة في النقاطات:

- (1) أن تكون ذات تصريف ثابت ومنتظم وأن يكون معدل اختلاف تصريفها أقل ما يمكن في حال تغير ضغط التشغيل.
- (2) متحملة لظروف التشغيل.
- (3) أن تكون مصنوعة من مادة مقاومة لأشعة الشمس.
- (4) دقيقة الصنع لأن أي اختلاف في قطر فوهة تصريف النقطة سيرافقه اختلاف كبير في تصريف النقطة.
- (5) أن تكون رخيصة نسبياً.
- (6) مقاومة للانسداد.
- (7) سهولة التركيب.
- (8) سهولة التنظيف.

8-4-3- العوامل التي يتوقف عليها عدد النقاطات: يتعلق عدد النقاطات

التي تروي وحدة المساحة بالعوامل:

- (1) المسافة بين النباتات الواقعة على الخط الواحد.
- (2) المسافة بين خطوط النباتات (خطوط الري).
- (3) طبيعة التربة.
- (4) صفات المجموع الجذري للنباتات.
- (5) شكل مخروط البلل ومتوسط حجمه.
- (6) الاحتياجات المائية للنباتات.
- (7) فترات الري.

8-4-4-4-4- انسداد النقاطات: تعد مشكلة انسداد النقاطات المشكلة الرئيسية المتعلقة بتشغيل نظام الري بالتنقيط وهي ترتبط بصورة مباشرة بنوعية مياه الري، إذ ينجم انسداد النقاطات عن مواد مختلفة قد توجد في مياه الري التي تكون إما طبيعية أو كيميائية أو حيوية. ويلخص الجدول (8-8) أمثلة عن المواد المسببة لانسداد النقاطات، كما يبين الجدول (8-9) أسباب بعض مشكلات الانسداد وطريقة حلها.

جدول (8-8): المواد المسببة لانسداد النقاطات:

المواد الطبيعية	المواد الكيميائية	المواد الحيوية
الأجسام العالقة	الرواسب	الجراثيم والطحالب
جسيمات غير عضوية	كربونات الكالسيوم والمغنزيوم	خيوط أو شعيرات
رمل	كبريتات الكالسيوم	وحل
سنت	معادن ثقيلة	رواسب جراثومية
طين	كربونات - كبريتات	الحديد
بلاستيك	الأكاسيد	الكبريت
جسيمات عضوية	هيدروكسيدات	المنغنيز
نباتات	سيليكات	
حيوانات مائية	زيوت	
جراثيم	أسمدة	
طحالب	الفوسفات والأمونيا المائية	
قواقع	الحديد والنحاس والزنك والمنغنيز	

جدول (8-9) طرائق حل بعض المشكلات المسببة لانسداد المنقطات:

المشكلة	السبب	العلاج
رواسب الحديد البكتيرية	تأكسد أملاح الحديد الذائبة بواسطة البكتيريا عندما يكون تركيز الحديد أكبر من (0.1) جزء من المليون.	المعالجة بالكلور بمعدل (1) جزء واحد من المليون باستمرار أو (10-20) جزء من المليون لمدة (30-60) دقيقة/يوم
رواسب الكبريت البكتيرية	تأكسد أملاح الكبريت الذائبة البكتيرية بواسطة البكتيريا وتحدث عندما يزيد تركيز الكبريت على (0.1) جزء من المليون.	المعالجة بالكلور بمعدل (1) جزء من المليون لمدة (30-60) دقيقة/يوم
رواسب الحديد الكيميائية	وجود أملاح الفوسفات والكالسيوم في ماء الري والتي تساعد في ترسيب الحديد.	(1) فصل الحديد عن الماء بالتهوية أو الترسيب (2) المعالجة بالكلور لترسيب الحديد ثم فصله (3) التحكم في الرقم الهيدروجيني PH حيث يذوب عند المستوى الحامضي ($PH < 7$).
رواسب أملاح الكالسيوم	وجود تلك الأملاح في ماء الري	حقن حمض كلور الماء في النظام لمدة (30-60) دقيقة لخفض الرقم الهيدروجيني إلى أقل من (4) خلال فترة الحقن

8-4-4-4-4- الأمور الواجب مراعاتها عند استخدام الأسمدة مع شبكة الري
بالتنقيط:

(1) يُفضل استخدام أسمدة كاملة الذوبان ويُستحسن أن تُحقن في ماء الري لمنع
الانسداد.

(2) يُفضل أن تكون نيتروجينية وبوتاسية وفوسفاتية نقية.

(3) لها تأثير إيجابي على خفض رقم الحموضة.

الفصل التاسع

الري بالرشاش Sprinkler Irrigation

9-1- تعريف نظام الري بالرشاش: طريقة الري التي يتم فيها ضخ المياه في شبكة مواسير تنتهي بفتحات ثابتة أو مرشات دوارة تخرج منها المياه إلى الهواء على هيئة قطرات تتساقط على سطح الأرض والنبات بما يشبه المطر لتصل بمنطقة الجذور إلى المحتوى الرطوبي المطلوب.

9-2- مميزات الري بالرشاش:

- (1) سهولة عمليات الرش: تخفف المرشات اليد العاملة نظراً لأنها تجري التوزيع آلياً وخلال عدد معين من الساعات.
- (2) تنظيم السقايات: نظراً لدقة التحكم في كمية المياه المعطاة يمكن إجراء توزيع المياه على الأراضي بشكل صحيح لا يتجاوز المعطيات المطلوبة.
- (3) تقليل كلفة استثمار الشبكة وتقليل كلفة الصيانة المرتفعة المطلوبة في طرائق الري التقليدية.
- (4) الاقتصاد في الماء الموزع نظراً لانعدام هدر المياه بالتبخر والتسرب، ويصل التوفير إلى (50)%.
- (5) توفير في مساحة الأراضي المزروعة مقارنة مع الري السطحي الذي تشغل فيه أفنية الري والمصارف حوالي (10 - 20) % من المساحة الكلية للأرض.
- (6) الاستغناء عن شبكة الصرف والاحتفاظ بالعناصر المخصبة ضمن التربة. فالري بالرشاش لا يتسبب في فقد العناصر الغذائية في قطاع التربة نتيجة للصرف العميق الذي يصاحب طرائق الري السطحي، كما أن هذه العناصر لا تفقد أيضاً كنتيجة لجرف الطبقة السطحية للتربة خصوصاً عند الري السطحي على الميول الشديدة.

(7) عدم الحاجة إلى أعمال ترابية في المنطقة المزروعة إذ يمكن استعمال الري بالريذاذ مهما كان ميل الأرض وتضاريسها، ومع ذلك فإن بعض التسوية قد تكون ضرورية حتى لا تتجمع المياه الزائدة في الأماكن المنخفضة نتيجة لسقوط الأمطار أو الري.

(8) إمكانية استعمال المرشات لأغراض أخرى كتوزيع الأسمدة والمبيدات.

(9) الحد من خطر الصقيع إذ يعطي كل (1) غ ماء تقريباً (80) سعرة ليتحول من الحالة السائلة إلى الحالة المتجمدة وبالتالي تعديل حرارة الجو المحيط بالنبات. كما يمكن استخدام نظام الري هذا كمكيف لحرارة الجو المرتفعة فيحمي بذلك النباتات التي قد تتساقط أزهارها أو ثمارها نتيجة لارتفاع درجة الحرارة كما في الحمضيات والعنب.

9-3- مساوي الري بالريذاذ: أصبح الري بالريذاذ الآن على الرغم من بعض سلبياته أفضل الطرائق لاستثمار المصادر المائية للإنتاج الزراعي. ويمكن تلخيص بعض مساوي هذا النظام بالنقاط التالية:

(1) ذو كلفة ابتدائية عالية للهكتار الواحد مقارنة مع الطرائق التقليدية.

(2) يحتاج إلى أيدي عاملة قليلة لكنها ذات خبرات فنية عالية قد لا تتوفر في المناطق النائية.

(3) يحتاج إلى المزيد من عمليات التعشيب نظراً لتوزيعه الماء في جميع الاتجاهات وبالتالي يسبب زيادة في نمو الأعشاب

(4) لا يساعد على إزالة ملوحة التربة نظراً للكمية القليلة من المياه التي يمنحها وبالتالي لا بد عند استخدامه مع الأراضي ذات الملوحة المرتفعة نسبياً من حساب دقيق لكميات المياه التي يعطيها.

(5) يؤدي إلى انتشار الأمراض ما بين أوراق المحصول بسبب قوة التصادم التي ترتطم بها قطرات النبات بالأوراق المصابة والتي تؤدي إلى ارتدادها

وانتقالها إلى أوراق أخرى سليمة مما يسبب انتقال المرض.

9-4- الحالات التي يصبح فيها الري بالريذاذ النظام الوحيد الممكن استخدامه:

- (1) في الأراضي ذات التضاريس غير المنتظمة حيث يكون من الصعب تخطيط إنشاء قنوات ري مكشوفة إضافة إلى أنها قد لا تغذي أجزاء الحقل كلها وقد يكون إنشاؤها مكلفاً بسبب الحاجة إلى منشآت مدنية متعددة.
- (2) في حالة استحالة تسوية الأراضي الطبيعية التي قد تكون غير منتظمة أو ذات ميول كبيرة تتطلب عمليات تسوية كي تصبح صالحة للزراعة التي تتسم بكلفتها العالية وإمكانية إزالتها للتربة السطحية مؤديةً إلى ظهور طبقات غير صالحة للزراعة إلى السطح.
- (3) مع الترب ذات النفوذية المرتفعة أو المنخفضة يمكن أن ينتج عن طرائق الري التقليدية جرف التربة الزراعية عندما يكون ميل الأرض كبيراً، وقد ينتج هدر للمياه بالتسرب إلى أعماق بعيدة عن متناول النبات وذلك عندما يكون ميل الأرض خفيفاً ويؤدي إلى تخفيف جريان المياه.
- (4) في المناطق ذات المصادر المائية المحدودة لأن الري بالريذاذ يساعد على توفير المياه بسبب انعدام الضياع بالتبخر والرشح مقارنة بطرائق الري السطحي وبالتالي فإنه يساعد على التوسع في المساحة المزروعة التي يمكن ريها بنفس الكمية من المياه.

9-5- الحالات التي يتعذر معها استخدام الري بالريذاذ:

- (1) وجود رياح قوية سرعتها أكبر من (15) إلى (20) كيلومتراً/ساعة لأنها تعرقل التوزيع المنتظم للمياه على الأرض.
- (2) وجود رياح جافة مترافقة مع إشعاعات شمسية مركزة تزيد في تبخر المياه مما يدعو إلى تفضيل طرائق الري الأخرى أو قصر فترات الري على أوقات وظروف معينة كالري ليلاً لتجنب الفقد الكبير في الماء نتيجة للتبخر

(3) ارتفاع ملوحة مياه الري لأنها تتسبب عند ذلك بحرق أوراق النبات بعد تبخر قطرات المياه العالقة بها.

(4) في حال كانت المياه المستخدمة في الري مليئة بحبيبات الطين لأنها تسبب انسداداً سريعاً للمرشات.

(5) إذا احتوت الدورة الزراعية المتبعة في المنطقة على محاصيل ذات ثمار أو أوراق حساسة للمياه المتناثرة بالرش.

9-6- المكونات الأساسية لنظام الري بالريذاذ:

تعد المكونات المطلوبة لنظام الري بالريذاذ مشابهة لتلك التي وردت سابقاً مع الري بالتنقيط في الفصل السابق وهي:

- وحدة الضخ.

- وحدة التحكم بما تتضمنه من: صمامات، مقياس تصريف المياه، جهاز تسميد، جهاز ترشيح (فلتر)

- شبكة الأنابيب التي قد تكون مصنوعة من الألمنيوم أو PVC أو من HDPE.

- المرشات

- إكسسوارات التوصيل.

9-7- أهم أنظمة الري بالريذاذ:

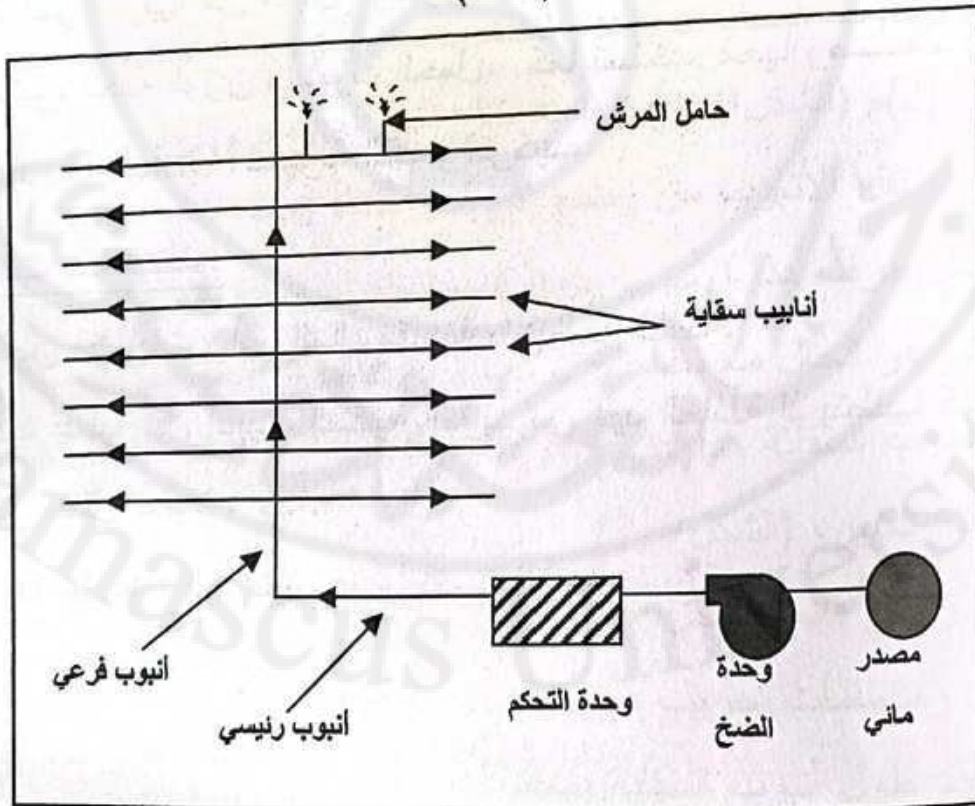
تشتمل أنظمة الري بالريذاذ على العديد من الأشكال وفقاً لإمكانية تحريكها وتوزيع عملها على أجزاء الحقل المروي كله. وتتضمن هذه الأشكال المختلفة كلها المكونات السابقة نفسها. فيما يلي نورد أهم أنظمة الري بالريذاذ:

9-7-1- نظام الري بالرزاذ الثابت Fixed; Solid-Set System:

تكون جميع مكونات هذا النظام ثابتة ويبيّن الشكل (9-1) تخطيطاً لأهم مكونات نظام الري بالرزاذ الثابت وهي تتكون من الآتي:

- وحدة الضخ.
- وحدة التحكم التي تضم الصمامات، مقياس التصريف، سمادة، فلتر ... الخ
- أنابيب نقل المياه والتي تكون جميعها مدفونة تحت سطح الأرض على عمق يتراوح بين (60 - 70) سم وهي تتضمن:

- الأنابيب الرئيسي (Main Pipe).
- الأنابيب الفرعية (Sub-mains) التي تنقل المياه إلى أنابيب السقاية
- أنابيب السقاية (Laterals) وهي تعمل على إيصال المياه إلى المرشات Sprinklers المركبة في نهاية أنابيب صاعدة (قصبات) المثبتة بدورها على الأنابيب الفرعية، الشكل (9-3).



الشكل (9-1): شكل تخطيطي لأجزاء نظام الري بالرزاذ الثابت

أهم صفات هذا النظام:

- يعد النظام الثابت أكثر نظم الري بالرزاذ من حيث التكاليف ولكن يفضل في حالة ندرة العمالة أو زيادة تكاليفها.
- يصلح هذا النظام لمناطق الأشجار حيث تكون المرشات عالية ويصعب فكها وتركيبها أو نقلها من حقل إلى آخر ويتم التشغيل بأن يفتح الماء لخط مرشات واحد أو أكثر وبعد إتمام الري يقلل عنه ويفتح للخط الثاني أو للخطوط التالية وهكذا بحسب خطة الري وحجم مصدر المياه.

9-7-2- نظام الري بالرزاذ النصف ثابت Semi-fixed System:

يكون كل من الأنبوب الرئيسي والأنابيب الفرعية مدفونة تحت الأرض عدا أنابيب السقاية فإنها تكون مركبة فوق سطح الأرض (الشكل 9-2) ومتصلة بالأنابيب الفرعية بصمامات خاصة حيث يتم نقلها يدوياً من صمام لآخر حسب المساحة المراد ريها من الحقل. وتكون أنابيب السقاية في هذا النظام مصنوعة من الألمنيوم لخفة الوزن وسهولة الحمل. كما تستخدم معها وصلات سريعة (Quick Couplings) لسهولة الفك والتركيب.

أهم صفات هذا النظام:

- انخفاض متطلبات رأس المال مقارنة بالأنظمة الثابتة.
- تتطلب عملية نقل أنابيب السقاية المزيد من اليد العاملة إذ يتطلب كل خط فرعي متنقل عاملاً واحداً.
- صعوبة نقل هذه المواسير عندما تكون الأرض مبنلة.



الشكل (9-3): أنابيب السقاية التي
تثبت الأنابيب الصاعدة بشكل عمودي
وتحمل المرشات في أعلاها

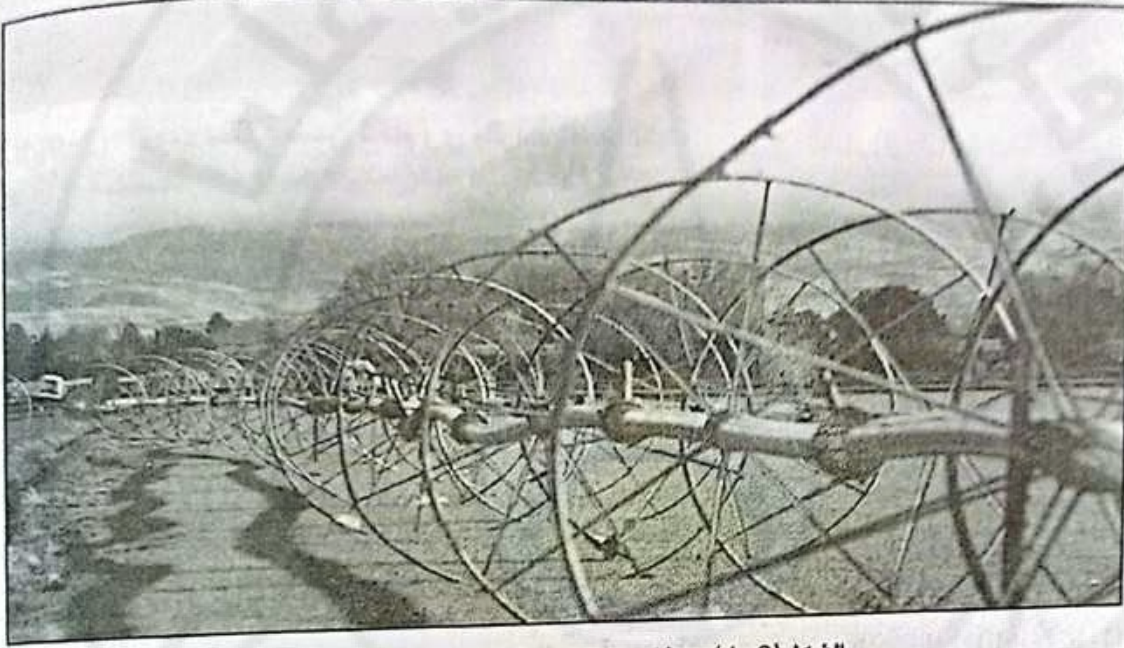
الشكل (9-2): أنبوب سقاية ضمن نظام ري بالرذاذ نصف ثابت

9-7-3- نظام الري بالرذاذ جانبي التدرج Side Roll:

يكون أنبوب السقاية في هذا النظام محمولاً على عجلات يتراوح قطرها بين (1) م و (2) م (الشكل 9-4) تبعاً لارتفاع نمو المحصول الذي يتحرك فوقه الجهاز. ويتم نقل الأنبوب من وضع إلى آخر أثناء إيقاف الرش (الشكل 9-6) حيث يوصل طرف هذا الأنبوب يدوياً بصمامات موجودة على طول الأنبوب الفرعي كما هو الحال مع نظام الري بالرذاذ النصف ثابت (الشكل 9-5). ويتحرك أنبوب السقاية هذا على العجلات بواسطة محرك ذي قدرة كافية لجبره بطوله وثقله الكبير، (الشكل 9-7). تزود المرشات بأنقال موازنة تجعلها دائماً في وضع رأسي قائم (الشكل 9-8) كما يوجد بالخط فتحات تصفية لتقليل وزنه عند التنقل وصمامات تسريب هواء لتسهيل إعادة الملء. يتحدد طول أنبوب السقاية بأبعاد الحقل ويصل لنحو (100) م أما قطره فيبلغ نحو (100) مم ويتوقف على عدد المرشات المحمولة عليه وتصريفها.

أهم صفات هذا النظام:

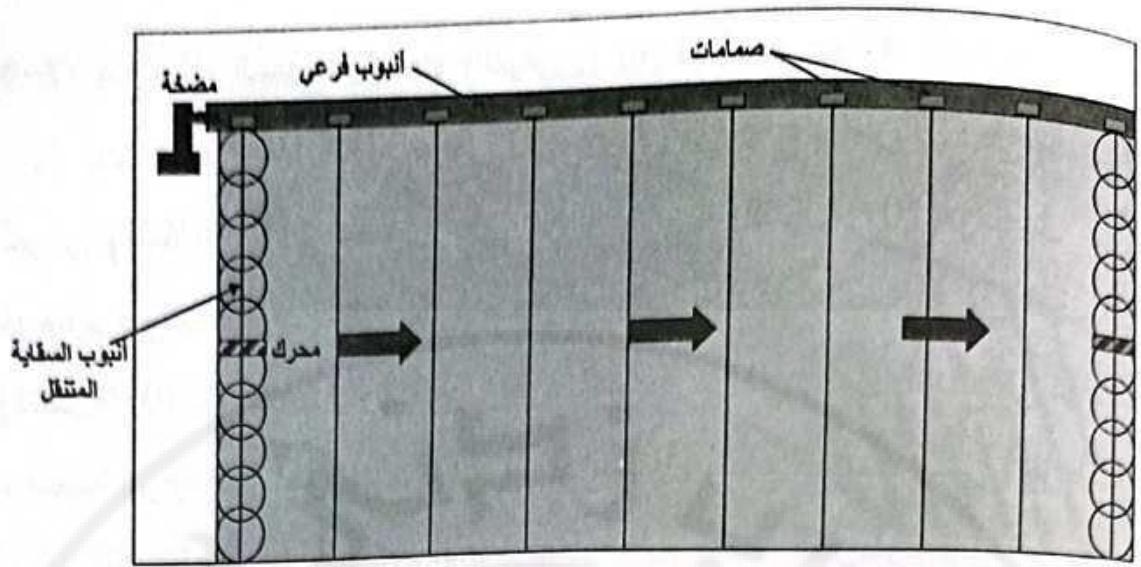
- يتميز هذا النظام بانخفاض متطلبات العمالة.
 - مرتفع التكاليف مقارنة بالنظام نصف الثابت بحاجة إلى صيانة وعناية أكثر.
 - قابل للاستخدام في الأراضي المنبسطة والتي لا يوجد فيها عوائق.
- تقدر السرعة المنتظمة التي يتحرك بها خط السقاية تبعاً لعمق ماء السري المطلوب إضافته لرفع المحتوى الرطوبي في قطاع التربة في منطقة المجموع الجذري إلى السعة الحقلية.



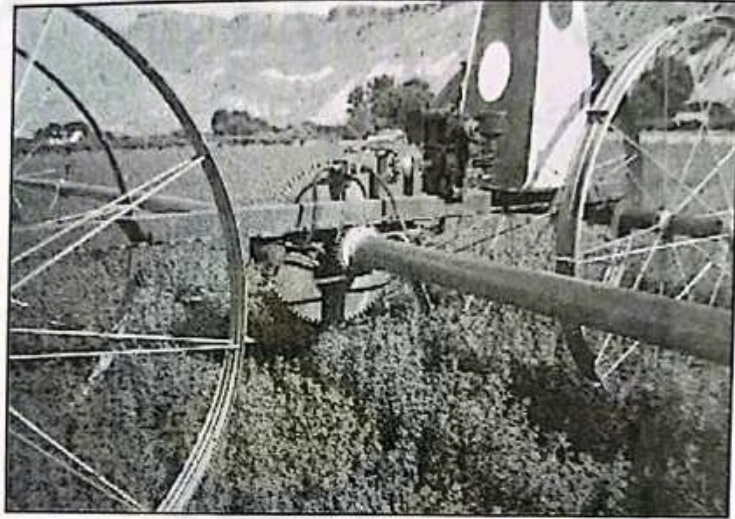
الشكل (9-4): نظام الري بالرداذ الجانبي التدحرج



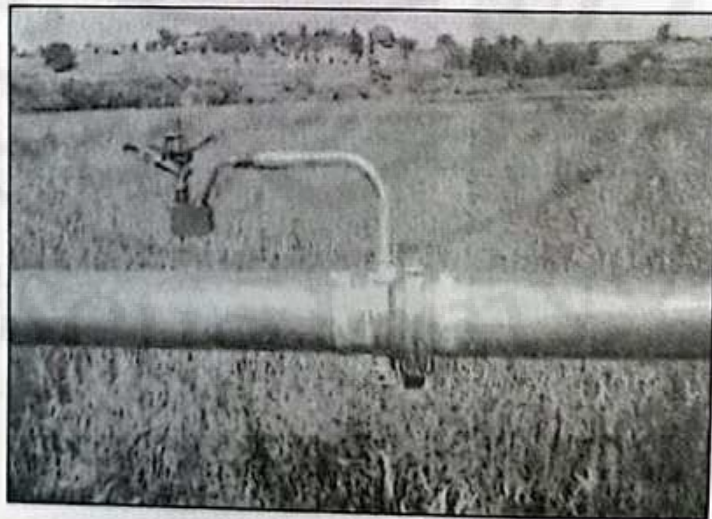
الشكل (9-5): الوصل اليدوي لأنبوب السقاية الحامل للمرشات بالصمام الموجود على الأنبوب الفرعي



الشكل (6-9): مخطط يبين طريقة تنقل النظام الجانبي التدرج وحركته من أول الحقل إلى نهايته



الشكل (7-9): محرك يعمل على جر نظام الري بالرفاذ الجانبي التدرج



الشكل (8-9): ثقل موازن يجعل المرش دائماً في وضع رأسي قائم

9-7-4- نظام المدفع والبكرة (التيفون) Gun and Reel: الشكل (9-9)

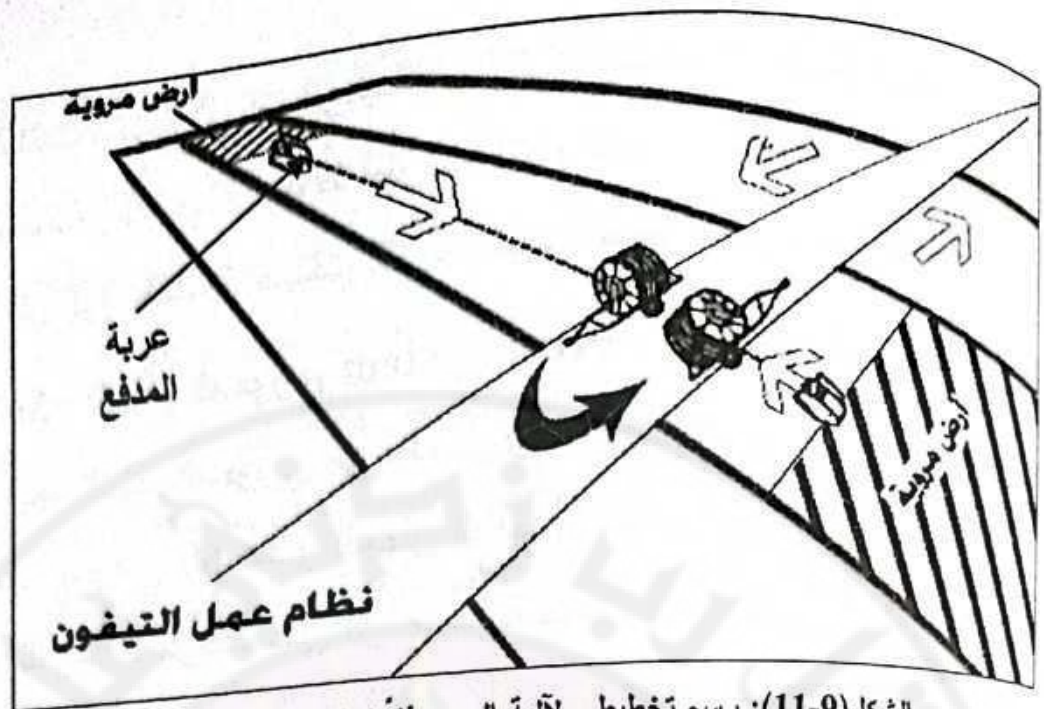
يستخدم في هذا النظام مرش بعيد المدى من نوع خاص يدعى بالمسند المرش (الشكل 9-18) محمول على عربة خاصة (الشكل 9-10) ومتصل بنهاية خرطوم طويل ملفوف على بكرة محمولة على إطار متحرك ذي عجلات (الشكل 9-9). وعند بداية التشغيل يفرد الخرطوم الذي يحمل المدفع في نهايته بواسطة جرار إلى آخر مداه. وفي أثناء التشغيل تندفع المياه في الخرطوم لتدوير "توربينة أو عنفة هيدروليكية" تعمل على سحب الخرطوم ثانية بإدارة البكرة ولفه عليها. وبذلك يتحرك المدفع في أثناء الحركة ويغطي شريحة من الحقل وهو راجع في طريقه باتجاه إطار النظام. وعند الانتهاء من شريحة يتم قطر النظام بكامله خلف الجرار إلى الشريحة التالية وهكذا. يبين الشكل (9-11) مخططاً لآلية عمل هذا النظام.



الشكل (9-10): المرش المدفعي محمولاً على عربة ذات العجلات



الشكل (9-9): نظام الري بالمدفع والبكرة



الشكل (11-9): رسم تخطيطي لآلية الري وفقاً لنظام المدفع والبكرة

مزايا النظام:

- توفير في التكاليف والعمالة إذا ما توافرت المعدات بالسوق بسعر مناسب (كما في أوروبا).
- سهولة الصيانة.
- توافر قطع الغيار والجرار الذي يصاحب عمل الآلة.
- بساطة التشغيل وإمكانية التحكم الدقيق بكمية المياه المعطاة وبحسب المطلوب.
- القدرة على ري الأراضي التي تتفاوت في طبوغرافيتها والعمل تحت كل الظروف تقريباً دون معوقات تذكر.

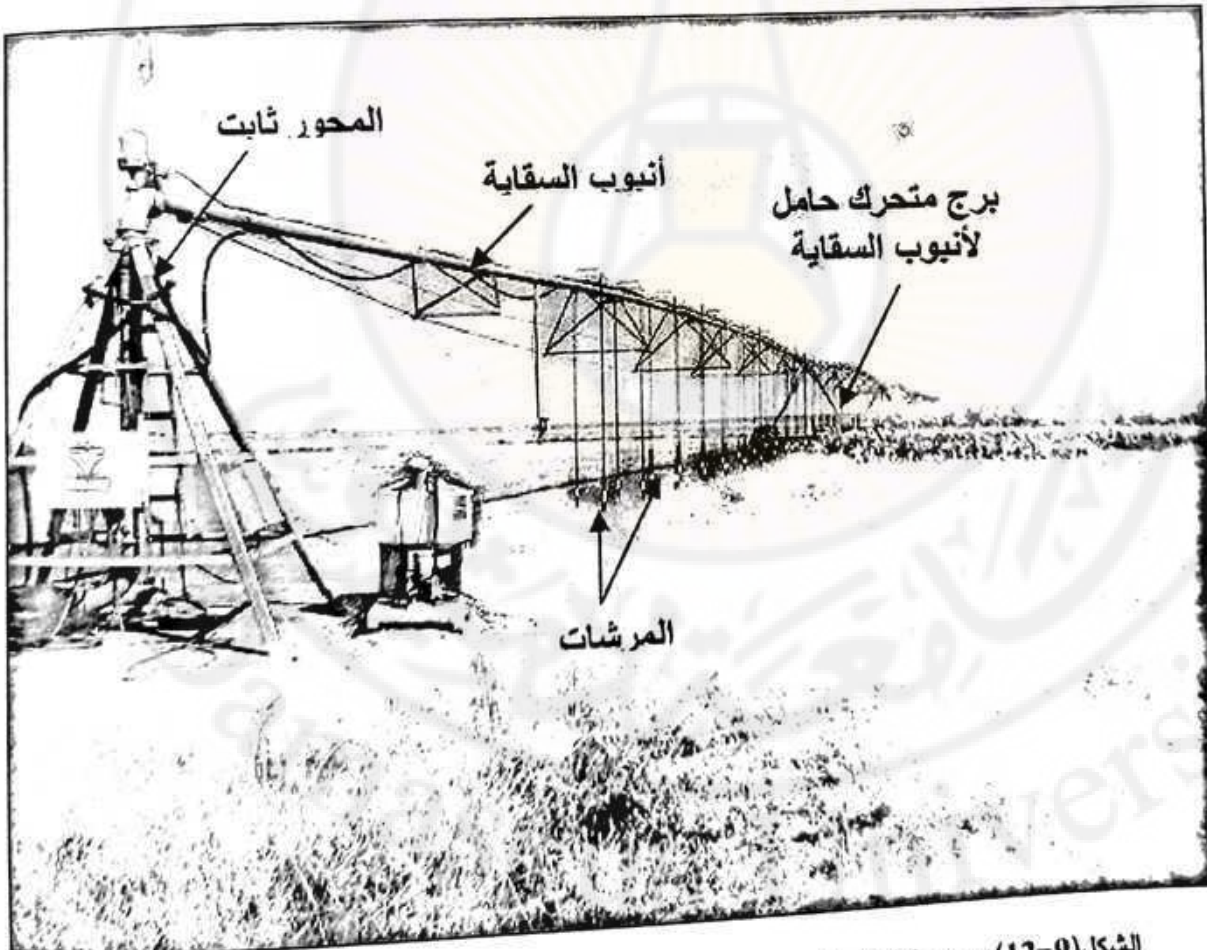
سلبيات النظام:

- الحاجة إلى ضغوط عالية.
- نر كفاءة توزيع مياه منخفضة.
- معدل إضافة مرتفع، كما أن قطرات الماء تكون ذات حجم كبير ويصعب التحكم بحجمها خصوصاً مع زيادة الغزارة، وبذلك فإن التيفون غير ملائم

للنباتات ذات الأوراق الرقيقة حيث إنه يستخدم مع تلك ذات الأوراق السمكية والمتحملة لسقوط قطرات المياه الكبيرة مثل الشوندر .
- يؤدي إلى تضغط حبيبات التربة بسبب الحجم الكبير للقطرات .

9-7-5- النظام المحوري Pivot System والنظام الخطي:

يعد النظام المحوري من نظم الري العملاقة المناسبة لري المساحات الشاسعة (حوالي 60 هكتار للجهاز الواحد). يتكون هذا النظام من أنبوب سقاية حامل للمرشات مركب على أبراج عالية يتصل من أحد طرفيه بمحور ثابت هو الخط الرئيسي للماء في حين يتحرك طرفه الحر مكوناً محيط دائرة البلل (الشكل 9-12).



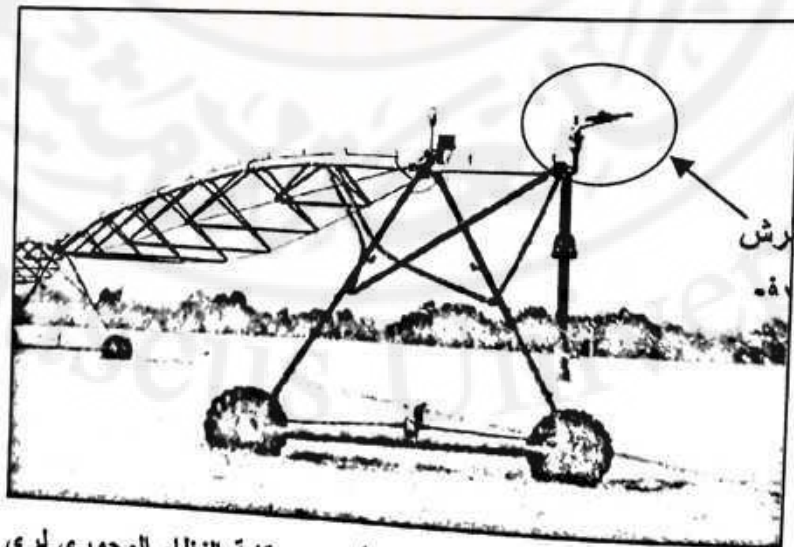
الشكل (9-12): صورة لنظام الري المحوري تبين المحور الثابت الذي يحتوي على الأنبوب الرئيسي المتصل بأنبوب السقاية المحمول على الأبراج المتحركة

• في أثناء الري يتحرك أنبوب السقاية مع الأبراج المتحركة بحركة بطيئة حول المركز ليروي بذلك دائرة نصف قطرها يساوي إلى طول أنبوب السقاية (الشكل 9-13). وعند الانتقال إلى مأخذ مائي آخر يتم دوران العجلات بـ (90°) ثم تسحب بالاتجاه الطولي.

• نلاحظ في هذا النظام وجود مساحات غير مروية ما بين دوائر الري يتم تفاديها عبر تركيب مرش مدفعي في نهاية أنبوب الري يتم تشغيله بشكل إضافي في الزوايا نتمكن من تخفيض المساحة غير المروية (الشكل 9-14).



الشكل (9-13): الدوائر التي يقوم بريها نظام الري المحوري مع ملاحظة المساحات غير المروية بينها



الشكل (9-14): المرش المدفعي المركب في آخر أنبوب سقاية النظام المحوري لري المساحات غير المروية بين الدوائر

8-9- المرشات Sprinkler Heads:

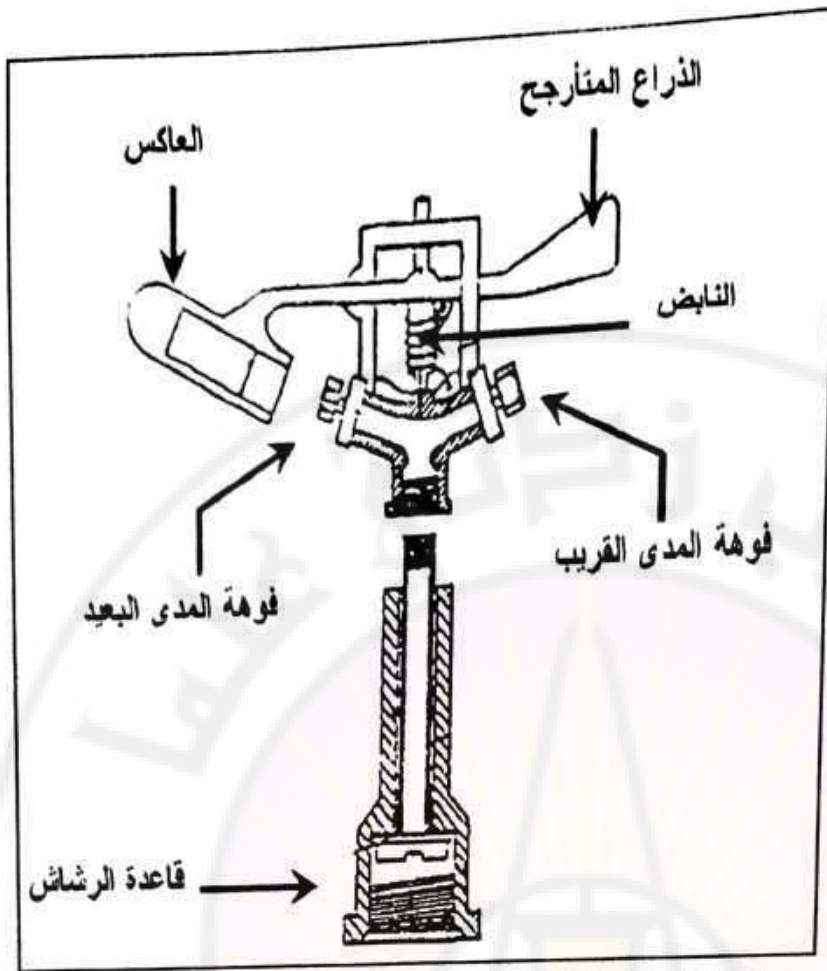
يعد المرش المكوّن الأساسي والمشارك في جميع أنظمة الري بالرذاذ وهو يعمل على نثر الماء على الأرض بسرعة عالية من خلال إمراة عبر ثقوب أو فوهات. ويعد التعرف على خصائص المرشات وأسلوب تقييمها الفني في الحقيقة تقييماً لأداء النظام وكفاءته بشكل أو بآخر، لذلك سنتناول فيما يلي التعريف بأهم الخصائص الهندسية للمرشات:

9-8-1- الخصائص الهندسية للمرشات:

- (1) علاقة تصريف المرش بكل من قطر فوهة المرش وضغط التشغيل.
- (2) علاقة قطر دائرة الابتلال بكل من قطر فوهة المرش وضغط التشغيل.
- (3) علاقة حجم القطرات (درجة تفتيت مقذوف الماء) بكل من قطر فوهة المرش وضغط التشغيل.
- (4) علاقة معدل تساقط المياه (كثافة الرش) وشكل توزيعها على طول قطر الرش بكل من قطر الفوهة وضغط التشغيل وسرعة الرياح واتجاهها.
- (5) قياس معدل التساقط المتوسط واللحظي للمرش وضغط التشغيل.
- (6) انتظامية توزيع المياه والعوامل المؤثرة عليها.

9-8-2- أنواع المرشات:

9-8-2-1- المرشات ذات الرأس الدوّار Rotating Head: تعد من أكثر أنواع المرشات شيوعاً في أنظمة الري بالرذاذ. يتم تركيب هذا المرش على أنبوب صاعد عمودي على أنبوب السقاية (9-15) ويبين الشكل (9-16) تركيب المرش الدوّار الذي قد يكون مزوداً بفوهة واحدة فحسب أو بفوهتين على الأغلب تسمى إحداها "فوهة المدى القريب" وتكون ذات قطر صغير تروي المساحة القريبة من المرش بالمياه أما الفتحة الأخرى فتسمى "فوهة المدى البعيد" وتكون ذات قطر كبير يروي المساحة البعيدة عن المرش.

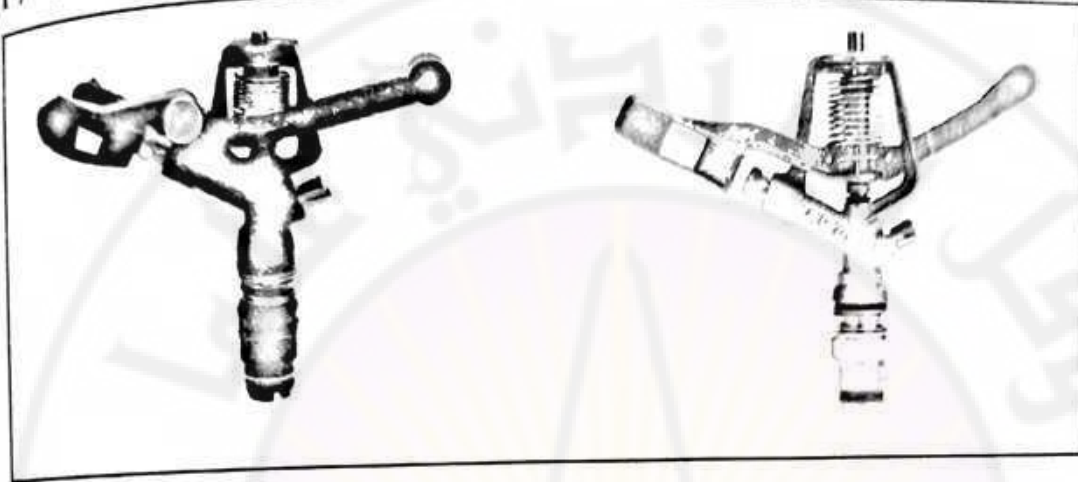


الشكل (9-15): المرش
الدوار مثبتاً في نهاية أنبوب
صاعد متصل بأنبوب السقاية

الشكل (9-16): شكل تخطيطي يبين أجزاء المرش الدوار بالتفصيل

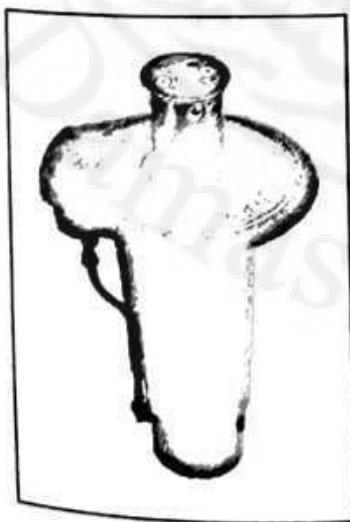
- مبدأ عمل المرش الدوار: تتدفق المياه من فوهة المدى البعيد مصطدمةً بالعاكس فتعمل على إزاحته دائرياً ليتحرك مبتعداً عن الفوهة محرّكاً الذراع المتأرجح معه إلى وضع معين يعمل عنده النابض على شد الذراع المتأرجح والعاكس لإرجاعهما إلى الوضع الأولي ناحية الفوهة مرة ثانية فيصطدم الذراع بجسم المرش ليدفعه في حركة دائرية جزئية في الوقت الذي يعود فيه العاكس مرة ثانية إلى الابتعاد عن فوهة المرش وتكرر نفس العملية دروياً مؤديةً إلى تحريك المرش بشكل دائري.

• تختلف أنواع المرشات بحسب كل من تصريفها، قطر الفوهات، ضاغط الماء المستعمل. كما تختلف باختلاف المادة المصنوعة منها إذ تصنع هذه المرشات عموماً من النحاس الأصفر لقدرته على مقاومة الصدأ وفي الآونة الأخيرة اتجه المزارعون إلى استخدام المرشات البلاستيكية، (الشكل 9-17).



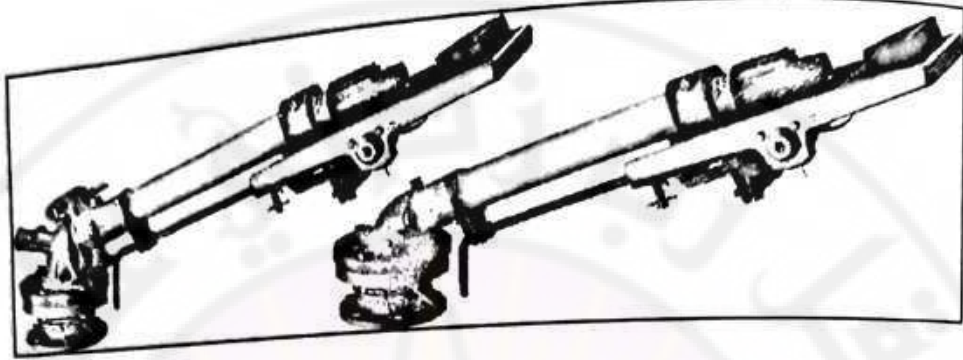
الشكل (9-17): مرش دوار مصنوع من النحاس الأصفر وآخر مصنوع من البلاستيك

9-8-2-2- المرشات الناهضة **Pop-up**: (الشكل 9-17) يعد أحد أنواع المرشات الدوارة ويتميز عنها بإمكانية التحكم بزاوية الرش بدءاً من 360° حتى 90° . تكون هذه المرشات خارج أوقات الري في داخل تجويف خاص بها، أما عند البدء بالري ونتيجة لضغط المياه فإنها تظهر فوق سطح الأرض وتقوم بالرش، لذلك فإن هذه المرشات تعد ملائمة لري الحدائق والملاعب.



الشكل (9-17): المرش الناهض **Pop-up**

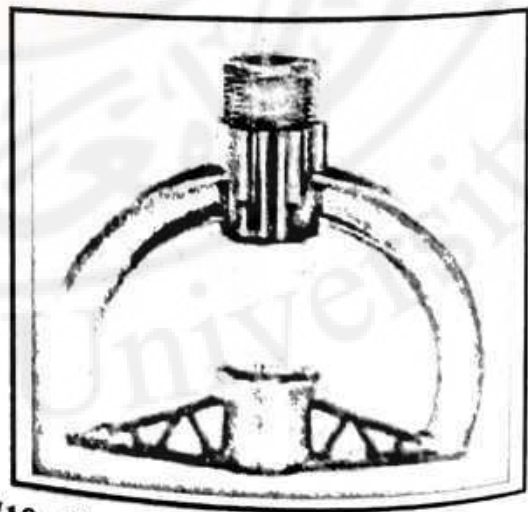
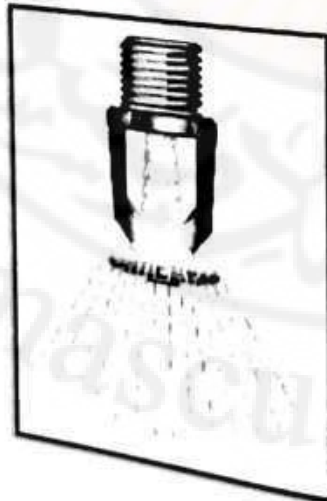
9-8-2-3- المرش المدفعي Gun Sprinkler: وهي نوع من أنواع المرشات الكبيرة (الشكل 9-18) التي ينتج عنها تصريف كبير من المياه تقذف إلى مسافات بعيدة. تستخدم هذه المرشات مع نظام المدفع والبكرة وفي نهاية أنبوب السقاية في النظام المحوري.



الشكل (9-18): المرش المدفعي

9-8-2-4- المرشات الثابتة Fixed heads: وهي مرشات ثابتة غير متحركة غالباً ما تعمل تحت ضغط منخفض وتستخدم في ري المسطحات الخضراء ونباتات الزينة.

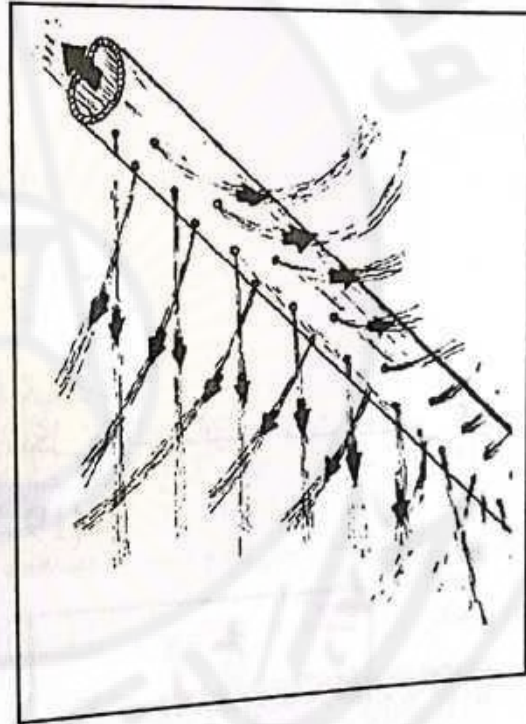
تخرج المياه من هذه المرشات على شكل مظلة مائبة ذات قطر كبير نتيجة اصطدامه بجزء مخروطي (الشكل 9-19)



الشكل (9-19): المرش الثابت

9-8-2-5- الأنابيب المثقبة **Perforated pipes**: (الشكل 9-20)
استخدمت هذه الأنابيب في أوائل استعمال نظام الري بالرذاذ، وهي تعتمد على انبثاق الماء تحت ضغط عالٍ من الثقوب الصغيرة على جانبي أنبوب من البلاستيك ليروي بذلك مساحة مستطيلة بطول الأنبوبة وبعرض يتراوح بين (10 - 14) متراً.

ويمكن زيادة تصريف هذا الأنبوب المثقب عن طريق استخدام فتحات ذات مقاس أكبر أو عن طريق زيادة ضغط الماء الخارج من هذه الفتحات.



الشكل (9-20): الأنابيب المثقبة

9-8-3- عوامل اختيار المرشات: هنالك مجموعة من العوامل المؤثرة على عمل المرشات التي يجب أخذها بالحسبان من أجل اختيار المواصفات الأمثل للمرشات التي تضمن عملها ضمن شروط التصميم. من هذه العوامل:

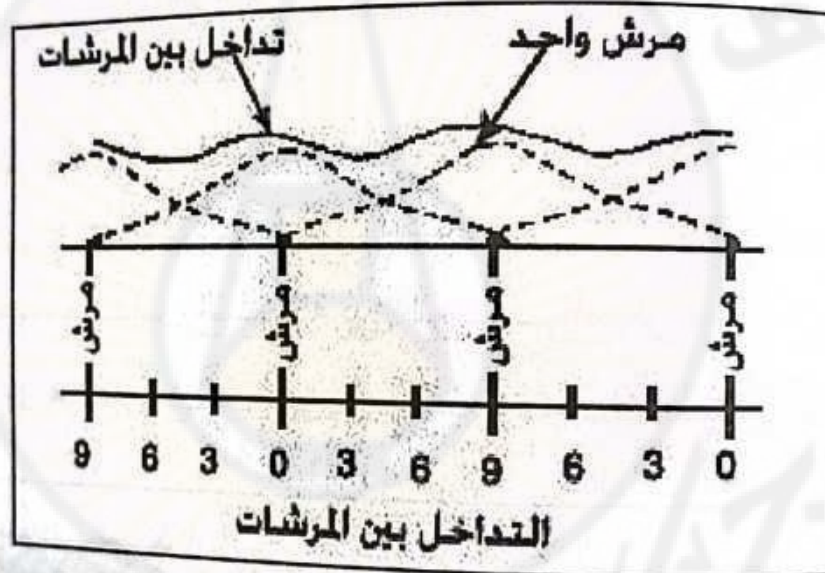
(1) الفوهات **Nozzle**: إن شكل توزيع المياه يتغير تبعاً للمرش والفوهة التي تؤمن رش الكمية المطلوبة من الماء.

(2) الضغط Pressure: يؤدي ازدياد ضغط الماء على مجال ضاغط تشغيل المرش إلى زيادة مدى الرش لكنه يؤدي إلى تناقص كثافة الرش وتآكل مربع في المرش.

(3) زاوية الرش.

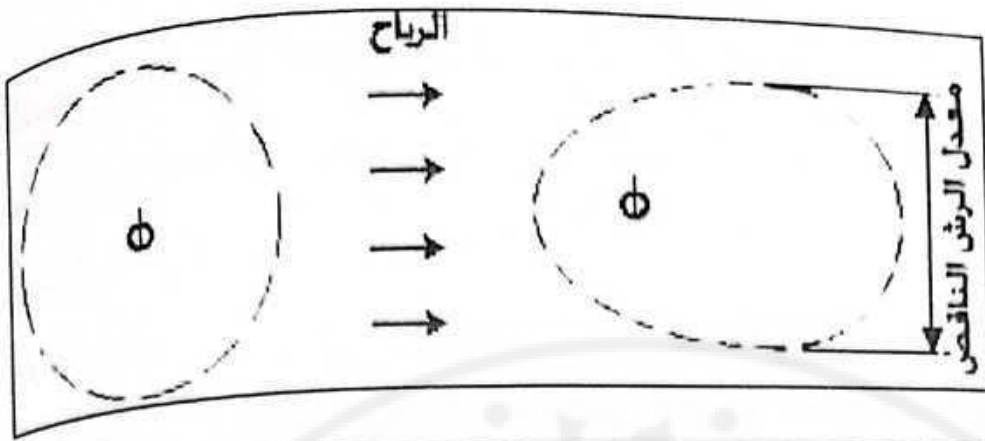
(4) سرعة دوران المرش Rotation: تؤدي السرعة العالية للمرش إلى تشوه شكل توزيع المياه.

(5) تداخل سطوح الرش: يُظهر الشكل (9-21) تناقص كثافة الرش مع ازدياد البعد عن المرش في حالة مرش وحيد، ويبدو أيضاً ارتفاع الرش الإجمالي للرش لمجموعة مرشات متداخلة.

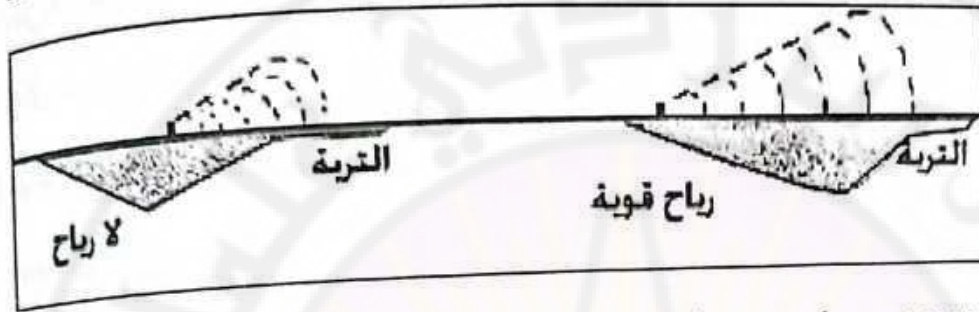


الشكل (9-21): التداخل بين المرشات

(6) سرعة الرياح: من المفضل دوماً أن تكون الخطوط الجانبية متعامدة مع اتجاه الرياح السائد قدر الإمكان. إن الرياح تشوه شكل التوزيع الدائري للماء فتحوله إلى شكل بيضوي (الشكل 9-22).



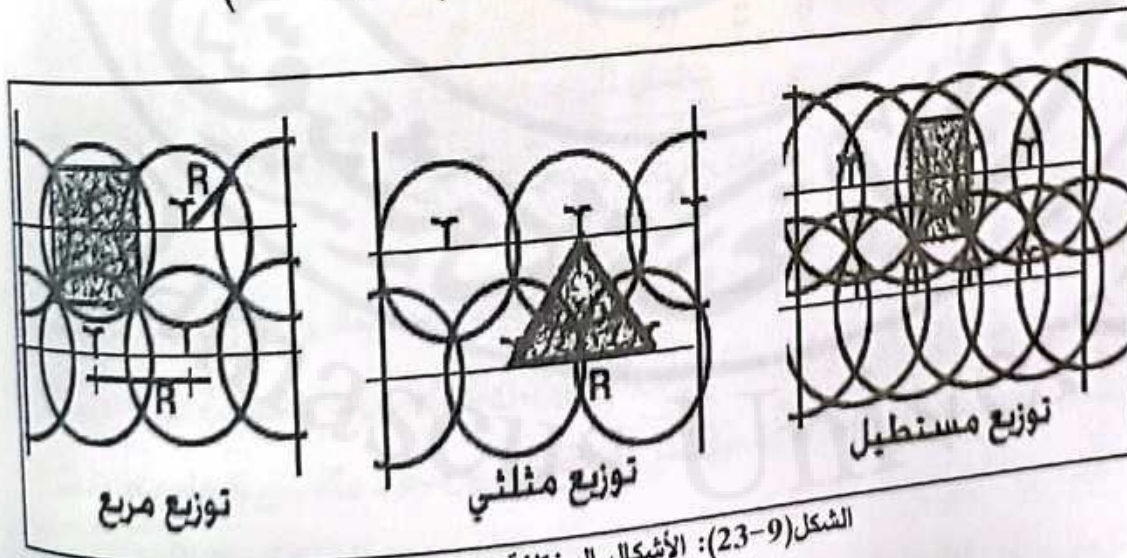
(أ)



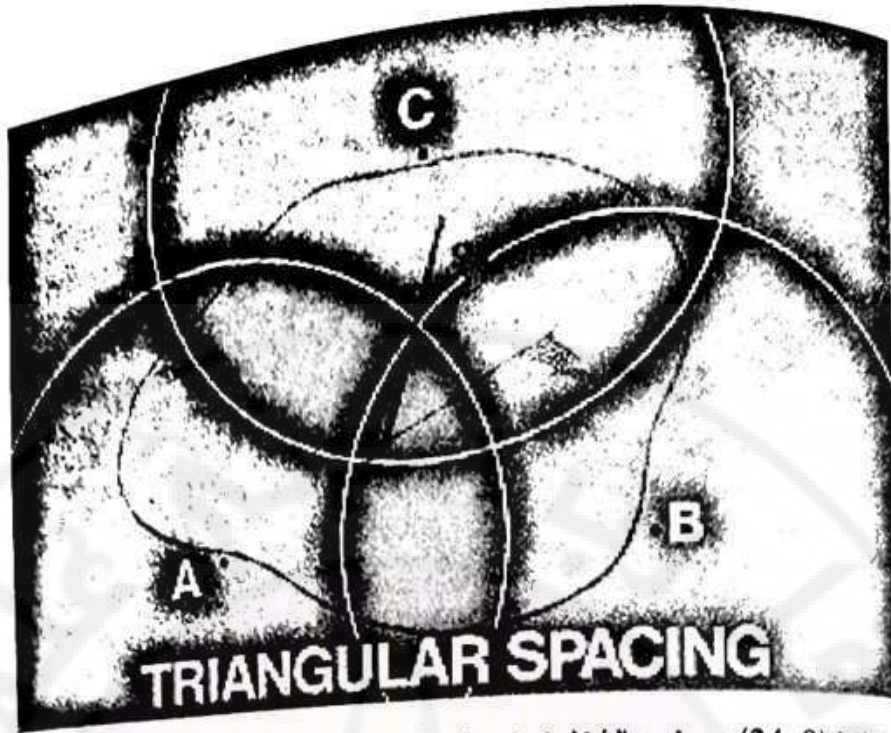
(ب)

الشكل (9-22، أ، ب) يبين تأثير الرياح على توزيع دائرة الرش

7) شكل توزع المرشات: يمكن أن يتم توزيع المرشات على رؤوس مستطيل أو مثلث أو مربع (الشكل 9-23). ويجب أن يراعى أثناء توزيع المرشات أن تكون مساحة التداخل المشتركة بين المرشات أصغر، الأمر الذي يتحقق أكثر ما يمكن مع التوزيع على رؤوس مثلث (الشكل 9-24).



الشكل (9-23): الأشكال المختلفة لتوزيع المرشات

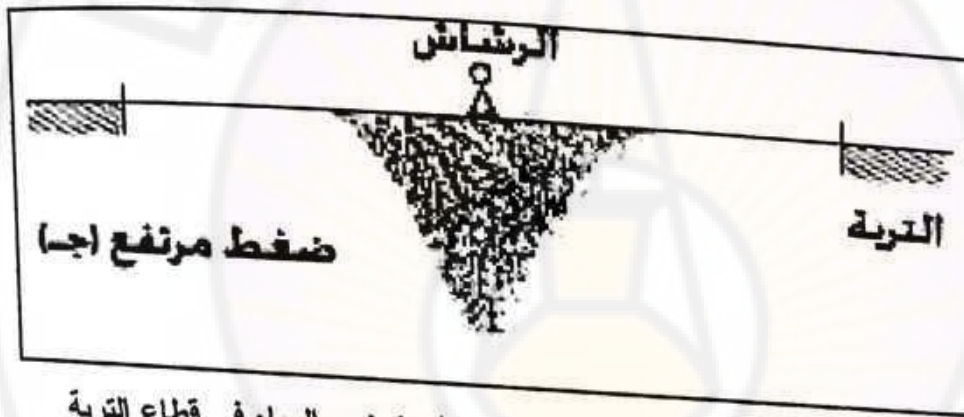
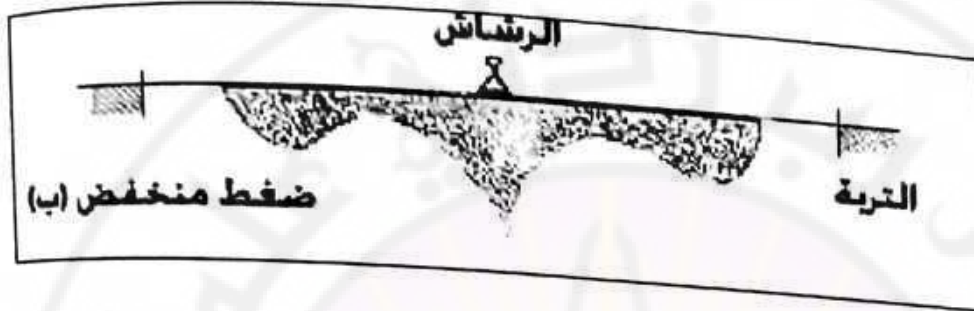
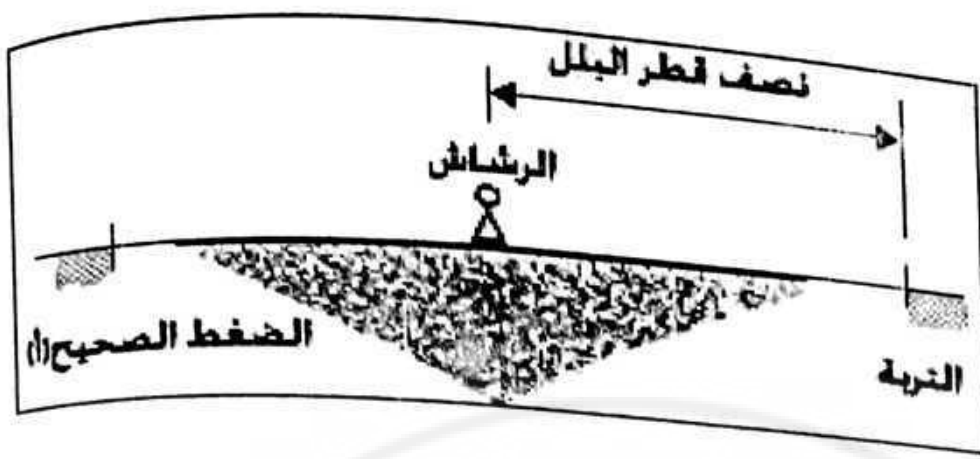


الشكل (9-24): يوضح الشكل توزيع المرشات على رؤوس مثلث ومساحة التداخل

8) **حجم القطرات:** يعد حجم القطرات ذا أهمية كبيرة بالنسبة للمزروعات والتربة فضلاً عن أهميته بالنسبة لاندفاع الماء من فوهة المرش، فالقطرات التي قطرها أكبر من (4) مم تضر المزروعات الضعيفة وتسبب تخريب التربة الغضارية، أما القطرات التي قطرها أصغر من (1) مم فتتخامد حركتها بسرعة في الهواء الساكن وتتحرف عن مسارها بسهولة في الرياح الخفيفة.

9) **التبخر:** يزداد الضياع بالتبخر في الري بالرذاذ في المناطق الحارة والجافة خاصة خلال أشهر الصيف مما يستوجب إجراء الري خلال الليل.

10) **ضاغط التشغيل:** لكل مرش ضاغط تشغيل خاص به يجب العمل على تأمينه خلال تصميم شبكة الري بالرذاذ، ويوضح الشكل (9-25) شكل توزيع المياه في قطاع التربة عند تأمين ضاغط التشغيل الملائم وعند زيادته وعند نقصانه.



الشكل (9-25): تأثير ضاغط التشغيل على توزيع المياه في قطاع التربة

9-9- تقييم شبكة الري بالرذاذ: يشتمل تقييم شبكة الري بالرذاذ على الخطوات التالية:

1- اختيار أحد خطوط السقاية (خطوط الرشاشات) على النحو التالي حسب

نظام الرذاذ المراد تقييمه:

أ - أنبوب مفرد أو أنبوبان متتاليان من أنابيب السقاية في أنظمة الري الثابتة ونصف الثابتة والجانبية التدحرج.

ب - قطاع تحت جهاز الري المحوري بطول الجهاز.

ج - مستطيل داخل منطقة رش جهاز الري بالمدفع والبكرة.

- 2- تقسيم منطقة تداخل المرشات إلى مربعات طول ضلعها (1- 3) متر وذلك بحسب المسافة بين المرشات على أن تترك (1/2) مسافة على جانبي المرش لوضع أول علبه قياس.
- 3- توضع علبه أسطوانية الشكل ذات حجم وعمق مناسبين ومعلومين لتجميع المياه عند زوايا المربعات.
- 4- يتم تثبيت المرشات المختارة للقياس في اتجاه خارج منطقة التداخل (القياس).
- 5- يتم تشغيل النظام ويترك مدة حتى ثبات التصريف والضغط للمرشات.
- 6- يقاس ضغط المرشات وتصريفها باستخدام أجهزة القياس المعروفة.
- 7- تطلق الرشاشات للدوران وتشغل ساعة التوقف (الميقائية) لمدته لا تقل عن نصف ساعة.
- 8- بعد انتهاء زمن التشغيل يتم تثبيت المرشات مرة ثانية خارج منطقة القياس (لا يتم إيقاف الري إلا بعد تثبيت الرشاشات).
- 9- تسجل في أثناء القياس سرعة الرياح واتجاهها، الرطوبة النسبية ومقدار التبخر من علبه مثل علبه القياس.
- 10- يتم قياس حجم المياه في كل علبه قياس بواسطة أنبوب مدرج ويحسب عمق الماء فيها بقسمة الحجم على مساحة قاعدة العلبه.
- 11- يتم حساب معدل التساقط عند كل زاوية من زوايا المربع بقسمة العمق السابق على زمن القياس في حين يتم حساب معدل التساقط قطرياً باستخدام المعادلة التالية:

$$R_s = \frac{q}{S_m \times S_L} \text{ mm/h}$$

حيث أن:

○ R_s : معدل التساقط (مم/ساعة)

○ q : تصريف المرش (ل/ساعة)

○ S_m : المسافة بين أنابيب السقاية (متر)

○ S_L : المسافة بين المرشات على طول أنبوب السقاية (متر).

12- تكرر الخطوات السابقة تحت ظروف ضغوط تشغيل ومسافات مختلفة للخطوط والمرشات للحصول على قيم انتظامية التوزيع لاختيار أفضلها لتشغيل النظام.

13- يفضل إجراء القياس في الصباح الباكر أو بعد العصر وذلك في ظروف عدم وجود رياح شديدة.

14- تستخدم العديد من المعادلات في حساب انتظامية توزيع المياه وأكثرها شيوعاً هي معادلة كريستانسون Christiansen's:

$$CU = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n h_i - h_a}{n \cdot h_a} \right)$$

حيث أن:

○ CU : انتظامية التوزيع (%)

○ h_a : متوسط أعماق المياه في علب القياس (مم)

○ h_i : عمق المياه في كل علبة قياس عند كل نقطة قياس (مم/ساعة)

○ n : عدد علب القياس.

بعد التصميم جيداً إذا كان معدل التوزيع نحو (85)%.

الفصل العاشر

تصلها

مدخل إلى تسميد الأراضي

1-10- مجموعة من المبادئ الأساسية والتعاريف المتعلقة بخصوبة الترب وتسميدها:

هنالك عدد من الحقائق والمبادئ الأساسية التي لا بد من توضيحها للتعرف على كل من خصوبة الأراضي والمخصبات:

أولاً: التربة ليست مادة جامدة لا حياة فيها ولكنها مليئة بالنشاط والتفاعلات الكيميائية و الحيوية.

ثانياً: النبات ليس مادة ولكنه كائن حي يجب دراسته بالتفصيل ومعاملته بعناية وأن توفر له التربة الخصبة ذات الخواص الملائمة لنموه، إضافة إلى توافر عوامل النمو المناسبة (غذاء، ماء، هواء، حرارة، ضوء).

ثالثاً: هناك فرق بين الاحتياجات الغذائية للنبات والاحتياجات السمادية للتربة التي ينمو فيها النبات.

رابعاً: هناك فرق بين خصوبة الأرض وإنتاجيتها، لأن الأرض الخصبة قد لا تكون منتجة وذلك لتوافر عوامل الخصوبة اللازمة لها من دون توافر عوامل الإنتاج (رأس المال، نوع العمل الذي بذل فيه رأس المال المستغل للزراعة، المحصول المناسب والعمليات الزراعية الملائمة له، الوقاية من الأمراض والحشرات والتلوث البيئي، الإدارة الجيدة)، أما الأرض المنتجة فلا بد أن تكون خصبة لتوافر كل من عوامل الخصوبة وعوامل الإنتاج أيضاً.

ولذلك يجب توافر كل من عوامل الخصوبة وعوامل الإنتاج معاً إذا أردنا إنتاجية أي محصول.

وفيما يلي بعض التعاريف المتعلقة بكل من خصوبة التربة والمخصبات وعلم التسميد وتغذية النبات:

10-1-1- خصوبة التربة:

يقصد بها قدرة التربة على تزويد النباتات النامية فيها خلال أطوار نموها المختلفة: الخضرية والزهرية والثمارية بالعناصر الغذائية الضرورية بصورة قابلة للإفادة وبكميات كافية وبنسب ثابتة ومتزنة ضمن الأوقات التي يحتاجها النبات خلال دورة حياته مع توافر عوامل النمو الأخرى الملائمة للنبات (ماء، هواء، حرارة، ضوء) وتوافر الخواص الجيدة للتربة (الطبيعية، المائية، الكيميائية، الحيوية).

فإذا لم تكن التربة قادرة على تحقيق ما سبق فهي بحاجة إلى التسميد بسبب عدم توافر الغذاء اللازم للنباتات النامية فيها، كما تحتاج إلى تحديد العامل المسبب لعدم خصوبتها وتحسين العامل المحدد للمستوى الخصوبي للتربة Limiting Factor أو ما يدعى بعامل النهاية الصغرى أو (العامل المحدد) حيث تستعيد التربة خصوبتها و بناءً على ما سبق لا بد من توافر عوامل الخصوبة في التربة والحفاظ عليها حتى لا يتدهور مستواها الخصوبي.

10-1-1- العوامل المحددة لخصوبة التربة:

(1) توافر العناصر الغذائية الأساسية والقابلة للإفادة بصورتها المعدنية (الطين المشبع بالأيونات الضرورية لتغذية النبات) والعضوية (الدبال كمصدر للغذاء الميسر للنبات خاصة الآزوت).

(2) سرعة تحول العناصر الغذائية في التربة من الصورة غير القابلة للإفادة وغير الذائبة في الماء إلى الصورة القابلة للإفادة وذلك بوجود درجات ملائمة من الحموضة والرطوبة الأرضية والكائنات الحية الدقيقة المناسبة وهو ما يعرف بقدرة التربة على إمداد النبات النامي بالغذاء.

(3) وجود توازن غذائي بين ما تفقده التربة من العناصر الغذائية التي يمتصها النبات وبين ما هو موجود أو متكوّن أو ما يضاف إليها بواسطة التسميد.

(4) توافر خواص جيدة للتربة (طبيعية، مائية، كيميائية، حيوية) وذلك بإضافة المخصبات (المصلحات والأسمدة).

(5) توافر عوامل النمو الملائمة وهي:

- الغذاء: يتم توفيره بإضافة الاحتياجات السمادية اللازمة لتربة والنبات النامي فيها وذلك بالكميات والصور والمواعيد والطرائق المناسبة للإضافة بهدف المحافظة على التوازن الغذائي في بيئة النمو والمستوى الخصوبي للتربة.

- الماء: يتم توفيره عن طريق إضافة الاحتياجات المائية للنبات وترشيد استخدام مياه الري والاهتمام بالصرف.

- الهواء: يتم توفيره عن طريق الآتي: الخدمة الجيدة للأرض (الحراثة والعزق)، تحقيق مستوى ماء أرضي مناسب بتوفير نظام صرف جيد وتخطيط شبكة المصارف بشكل سليم، زراعة مصدات الرياح حول المزرعة.

- الضوء: من خلال الزراعة وفقاً لكثافة نباتية مناسبة على خطوط أو في مصاطب ويراعى في ذلك عدد الخطوط وعدد الحفر في الخط الواحد وإجراء عمليات التفريد والتربية والتقليم المناسبة لكل نوع نباتي من المحاصيل المزروعة.

- الحرارة: من خلال تحديد المواعيد المناسبة للزراعة وحماية النباتات من أضرار الصقيع والحرارة المرتفعة وإجراء عمليات الزراعة على خطوط وحماية النباتات من الحرارة المنخفضة شتاءً والمرتفعة صيفاً.

10-1-1-2- دلائل خصوبة التربة:

- (1) نمو المحصول المزروع بالتربة بشكل جيد وقوي.
- (2) عدم معاناة التربة من وجود الملوحة أو القلوية.
- (3) ذات نسيج وبناء جيد.
- (4) ذات صرف مناسب ومنسوب ماء أرضي منخفض.
- (5) ذات عمق مناسب للقطاع الأرضي يسمح بنمو جذور النباتات.
- (6) توافر المادة العضوية في التربة لتحسين صفاتها.
- (7) توافر الرطوبة المناسبة للنبات.

10-1-2- التعريف بالمخصبات:

المخصبات: يقصد بها كل مادة عدا الماء تضاف إلى التربة بهدف زيادة إنتاجية المحصول النامي فيها، وتشتمل على كل من **المصلحات والأسمدة**. وتعود زيادة إنتاجية المحصول النامي للأسباب التالية:

- (1) إضافة عنصر غذائي غير متوافر في التربة.
- (2) أحداث تفاعل يحول العنصر الغذائي في التربة من الصورة غير القابلة للإفادة إلى الصورة القابلة للإفادة.
- (3) تنشيط العمليات الحيوية في التربة.
- (4) تحسين خواص التربة.

10-1-2-1- المصلحات Amendments: هي مواد تضاف إلى التربة

بغرض إصلاحها وتنشيط خصوبتها الذاتية عن طريق تحسين خواص التربة الطبيعية والكيميائية والحيوية. وكمثال على هذه المواد الجبس الزراعي والكبريت والمواد البكتيرية والفطر وكذلك بعض محسنات التربة Soil Conditioners التي تضاف إلى الأرض الرملية بهدف تحسين الصفات المائية لها من خلال رفع قدرتها على الاحتفاظ بالماء وهي عبارة عن بوليمرات ذات

وزن جزئي مرتفع محبة للماء Hydrophilic أو غير محبة للماء Hydrophobic.

10-1-2-2- الأسمدة Fertilizers: هي عبارة عن مواد عضوية أو معدنية يتم تزويدها للنبات لتعزيز نموه ومساعدته على إتمام دورة حياته وزيادة إنتاجه، إما بإضافتها للتربة حيث يمتصها النبات عن طريق جذوره أو عن طريق التغذية الورقية حيث يتم امتصاصها عن طريق الأوراق.

10-1-3- علم التسميد وتغذية النبات: يعد علم التسميد وتغذية النبات فرعاً من فروع علم الكيمياء الزراعية وهو علم تطبيقي يبحث في الظواهر والتفاعلات الكيميائية والفيزيولوجية التي تحدث في أوساط ذات صلة زراعية أو للزراعة صلة بها.

10-1-4- الاحتياجات الغذائية للنبات واحتياجات الأسمدة:

تم تصنيف ستة عشر عنصراً من الجدول الدوري للعناصر على أنها أهم العناصر الضرورية لتغذية النبات، وهي العناصر التي تقوم النباتات الرقيقة بامتصاص أغلبها من التربة، وتوجد بعض المدارس تعدها تسعة عشر عنصراً. يحصل النبات على الكربون من ثاني أكسيد الكربون وعلى الأكسجين من الهواء الجوي وهواء التربة وعلى الهيدروجين من الماء في التربة ويحصل على الثلاثة عشر عنصراً الأخرى من التربة بشكل أيونات يتم امتصاصها عن طريق الجذور.

يتم تسميد التربة عند افتقارها للعناصر الغذائية الأساسية اللازمة أو عند عدم تيسرها بنسب متوازنة وبكميات مناسبة. يمكن عن طريق نتائج تحليل التربة والأبحاث الحقلية التنبؤ بالاحتياجات السمدية للنبات بشكل دقيق من أجل الحصول على أقصى إنتاج اقتصادي ممكن، وتقسم الأسمدة لقسمين رئيسيين: عضوية ومعدنية.

10-1-5- التغذية السمادية المتزنة للنبات: هو مصطلح سهل التعريف لكنه صعب التطبيق ويقصد به استمرار وجود العناصر الستة عشر الضرورية لنمو النبات في التربة دون نقص أو زيادة في كمياتها. وتختلف احتياجات النبات الغذائية بحسب صنف ونوع النبات واختلاف المراحل الفيزيولوجية للنبات خلال موسم الزراعة.

10-1-6- آلية امتصاص النبات للعناصر الغذائية:

تتم عمليات امتصاص العناصر الغذائية بثلاث طرائق هي:

(1) **تدفق الكتلة Mass flow**: يقصد به حركة الأيونات الذائبة في محلول التربة باتجاه الجذور حيث يتم امتصاص العناصر الأساسية في صورة كاتيونات أو أنيونات.

(2) **الانتشار Diffusion**: هو عبارة عن حركة الأيونات من محلول التربة عبر خلايا الجذور بواسطة الامتصاص غير النشط (Passive) الذي ينتقل فيه كل كاتيون أو أنيون كل على حده من منطقة التركيز العالي للعنصر إلى منطقة التركيز المنخفض للعنصر نفسه بدون تدفق كتلة الماء أو الامتصاص النشط (Active) الذي تدخل بواسطته الأيونات إلى الخلايا نتيجة لفرق التركيز باستعمال الطاقة الناتجة عن عملية التنفس.

(3) **اعتراض الجذور (Root Interception)**: يحدث بسبب انتشار الجذور أو نموها إلى مناطق جديدة في التربة تتوافر فيها العناصر الغذائية في صورة قابلة لإفادة النبات. وبعد ذلك يتم امتصاص الجذور للمغذيات بتدفق الكتلة أو بالانتشار أو بكليهما.

الفصل الحادي عشر السماذ العضوي

مقدمة:

أدرک القدماء بالملاحظة فوائد التسميد بالمواد العضوية، وإن لم يفهموا تفسيره فشاهد رعاة الأغنام تحسن نمو النباتات في الأماكن التي راثت فيها أغنامهم، وخمر الصينيون البقايا النباتية مع الطين، ونحا على ذلك المصريون والرومان، كما خمر العرب فضلات الحيوان وخطوها بالتراب والتبن، إلى أن عني العلماء في العصر الحديث بدراسة المواد العضوية من حيث انحلالها وفائدتها للتربة والنبات. لم تفقد المادة العضوية اهتمام المزارع بها إلا في الفترة القصيرة التي أعقبت نظرية ليبيج Liebig في التسميد المعدني ولكنها سرعان ما استعادت أهميتها من جديد عندما أثبت لاوس وجلبرت أن التسميد المعدني لا يغني عن التسميد العضوي بحال من الأحوال، ثم اشتد الاهتمام بها بتقديم الدراسات الميكروبيولوجية لأنها ألقت الكثير من الأضواء على ماتحدثه فيها أحياء التربة وأوضحت ما لهذه التغيرات من أثر كبير في خصوبة التربة.

1-11- المادة العضوية:

1-1-11- تعريف المادة العضوية:

هي تعبير عن جميع المواد النباتية والحيوانية التي نشأت في التربة أو التي أضيفت إليها بغض النظر عن مراحل التحلل التي وصلت إليها.

- مصدرها: تتكون المادة العضوية من جذور النباتات المختلفة والأجزاء النباتية التي تترك في التربة أو تطمر فيها بالعمليات الزراعية وأجسام الحيوانات المختلفة كالديدان والحشرات وفئران الحقل وفضلاتها وكذلك الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة، أي أنها تشتمل على كل من

الجزء المتحلل الكبير الحجم نسبياً والجزء الغروي الذي بلغ مرحلة كبيرة من التحلل وأصبح يساهم في خواص التربة الفيزيائية والكيميائية وبالتالي في إنتاج المحاصيل.

• مكوناتها: تحتوي المادة العضوية كيميائياً على سبع مجموعات من المواد وتشمل:

- (1) المواد التي تذوب في الماء وتشمل: السكريات والغلوكوسيدات والأحماض الأمينية وأملاح النترات والكبريتات والكلوريدات وأملاح البوتاسيوم.
- (2) المواد التي تذوب في الإيثير والكحول وتشمل كلاً من الدهون والزيوت والشموع والراتنجيات والتانينات والألكالويدات والمواد الملونة.

(3) السليلوزات

(4) الهيمسليلولوزات

(5) اللغينيات

(6) البروتينات

- (7) الأملاح المعدنية التي لا تذوب في الماء مثل سليكات البوتاسيوم والمغنسيوم والألمنيوم وتكون مع الأملاح المعدنية الذائبة ما يعرف بالرماد.

• تختلف الفضلات الحيوانية والنباتية في نسب محتوياتها من المواد السابقة باختلاف نوعها وعمرها وتتميز الفضلات الحيوانية عن النباتية باحتوائها على نسبة أعلى من البروتين ونسبة أقل من اللغين.

• عموماً يعد وجود المادة العضوية في التربة صفة طبيعية لها تميزها من المواد الأم Parent Material التي لا تصبح تربة إلا عند ظهور المادة العضوية فيها.

11-1-2- التركيب الكيميائي للمادة العضوية:

تتركب المادة العضوية من مادة جافة مؤلفة من كربون وأكسجين وهيدروجين وآزوت وعناصر معدنية أخرى، وماء يؤلف نحو 75% أو أكثر من تركيب الأنسجة.

يمكن تقسيم التركيب الكيميائي لبقايا المواد النباتية الجافة التي تشكل منشأ المادة العضوية في الأراضي إلى ثلاثة أقسام رئيسية: السكريات العديدة Polysaccharides، اللغنين Lignin، البروتينات Protein

11-1-2-1- السكريات العديدة Polysaccharides: وتتألف من المكونات التالية:

(1) السيللوز Cellulose: وهو مكون كربوني رئيسي لمعظم النباتات الراقية، وربما يعد أكثر المركبات العضوية انتشاراً في الطبيعة وهو يتركب من وحدات الغلوكوز مرتبطة مع بعضها في سلاسل طويلة ومستقيمة يتراوح عددها ضمن جزيء السيللوز ما بين (1400 - 10000) جزيء ويختلف باختلاف نوع النبات، كما يتراوح الوزن الجزيئي للسيللوز ما بين (200000 - 2000000) ويتركز السيللوز في جدر الخلايا. ويعد السيللوز من الكربوهيدرات شديدة المقاومة للتحلل بواسطة الأحياء الدقيقة، والأنزيمات ويتوقف تحلله على الكثير من العوامل البيئية مثل: الحرارة، التهوية، الرطوبة، PH، المحتوى الآزوتي، نسبة اللغنين الموجودة.

(2) الهيمسيللوز Hemicellulose: بالرغم من التشابه الكبير بين اسمي السيللوز والهيمسيللوز إلا أن تركيبهما النباتي يختلف تماماً، إذ أن الهيمسيللوز عبارة عن قسم من السكريات العديدة عديمة الذوبان في الماء تعطي عند تحللها مائياً بالأحماض المعدنية المخففة الساخنة سكريات سداسية وسكريات خماسية وغالباً ما تعطي حامض اليورونيك Uronic Acid.

يتحلل الهيمسيليلوز في التربة بمعدل سريع أولاً ثم يتباطأ هذا المعدل ربما كنتيجة لعدم تجانس تركيبه، ويتوقف تحلله على كثير من العوامل البيئية كما هو الحال في السيليلوز إلا أنه يتحلل خلال الفترة الأولى من التحلل بمعدل أسرع من السيليلوز.

(3) **النشاء Starch**: يأتي النشاء في المرتبة الثانية بعد السيليلوز كسكر متعدد يتكون من السكريات السداسية وهو يمثل مخزناً للكربوهيدرات في النبات. يحتوي النشاء النباتي مجموعتين إحداهما تسمى الأميلوز وهو ذو بناء مستقيم مكون من (200 - 500) وحدة غلوكوز والثانية تسمى الأميلوبكتين التي يتألف جزيئها من ترابط جزيئات الغلوكوز مع وجود سلاسل جانبية Side Chains. ويعد التحلل البيولوجي للنشاء سريعاً جداً بالمقارنة بالسيليلوز والهيمسيليلوز.

11-2-2-1-2 **اللغنين Lignin**: يأتي اللغنين في المرتبة الثالثة من ناحية انتشاره كمكون لأنسجة النبات بعد السيليلوز والنشاء، ومن أهم صفاته:

- يعد التحلل الميكروبيولوجي له من المسائل غير المفهومة تماماً وذلك للأسباب التالية:

- صعوبة وتعقيد التركيب الكيميائي لجزيء اللغنين.
- صعوبة التعرف عليه كيميائياً أو بالطرائق الكيميائية المعروفة.
- صعوبة عزله كيميائياً لاستعماله كوسط لنمو الأحياء الدقيقة.
- تعد ذا تركيب غير ثابت، إذ يختلف تركيبه وخواصه من نبات إلى آخر وفي النبات نفسه تبعاً لعمره.
- تعتبر مقاومته للتحلل الحمضي من أهم الخواص المميزة له إذ يكون تأثير الأحماض المعدنية المركزة عليه بسيطاً.

يتحلل الهيمسيليلوز في التربة بمعدل سريع أولاً ثم يتباطأ هذا المعدل ربما كنتيجة لعدم تجانس تركيبه، ويتوقف تحلله على كثير من العوامل البيئية كما هو الحال في السيليلوز إلا أنه يتحلل خلال الفترة الأولى من التحلل بمعدل أسرع من السيليلوز.

(3) النشاء Starch: يأتي النشاء في المرتبة الثانية بعد السيليلوز كسكر متعدد يتكون من السكريات السداسية وهو يمثل مخزناً للكربوهيدرات في النبات. يحتوي النشاء النباتي مجموعتين إحداهما تسمى الأميلوز وهو ذو بناء مستقيم مكون من (200 - 500) وحدة غلوكوز والثانية تسمى الأميلوبكتين التي يتألف جزيئها من ترابط جزئيات الغلوكوز مع وجود سلاسل جانبية Side Chains. ويعد التحلل البيولوجي للنشاء سريعاً جداً بالمقارنة بالسيليلوز والهيمسيليلوز.

11-2-2-1-2- اللغنين Lignin: يأتي اللغنين في المرتبة الثالثة من ناحية انتشاره كمكون لأنسجة النبات بعد السيليلوز والنشاء، ومن أهم صفاته:

- يعد التحلل الميكروبيولوجي له من المسائل غير المفهومة تماماً وذلك للأسباب التالية:

- صعوبة وتعقيد التركيب الكيميائي لجزيء اللغنين.
- صعوبة التعرف عليه كيميائياً أو بالطرائق الكيميائية المعروفة.
- صعوبة عزله كيميائياً لاستعماله كوسط لنمو الأحياء الدقيقة.
- تعد ذا تركيب غير ثابت، إذ يختلف تركيبه وخواصه من نبات إلى آخر وفي النبات نفسه تبعاً لعمره.

- تعتبر مقاومته للتحلل الحمضي من أهم الخواص المميزة له إذ يكون تأثير الأحماض المعدنية المركزة عليه بسيطاً.

- قابل للذوبان في القلويات وعديم الذوبان في الماء الساخن والمذيبات العضوية المعتدلة.

- يتحلل بوجود الأوكسجين أو بغيباه إلا أن معدل التحلل في الحالتين أقل كثيراً من معدلات السيليلوز والهيمسيليلوز والمركبات الكربوهيدراتية الأخرى.

- يتميز بزيادة نسبة المواد الحلقية فيه مما يكسب المواد اللغينية أهمية خاصة في تكوين الدبال.

- يحتوي جزيء اللغين على ثلاثة عناصر فقط وهي الكربون والهيدروجين والأوكسجين إلا أن تركيبها حلقي وليس كما هو الحال في السيليلوز والهيمسيليلوز.

- مقاوم للتحلل الأنزيمي، الأمر الذي يعد من الخواص المميزة جداً له.

11-1-2-3 البروتينات Proteins: هي المواد الأساسية المحتوية على أزوت وتتكون من ارتباط الأحماض الأمينية Amino Acids التي يتراوح وزنها الجزيئي بين بضعة آلاف إلى عدة ملايين.

يدخل البروتين في تركيب المادة العضوية الجافة إضافة إلى بعض الأحماض العضوية مثل الستريك والأكساليك والماليك كما يدخل في تركيبها بعض الأملاح مثل كاتيونات الكالسيوم والمغنزيوم والبوتاسيوم والحديد وأنيونات الفوسفات والكلور والسلفات والسيليكات وتختلف نسبة المركبات الداخلة في تركيب المادة العضوية بحسب طبيعتها. ويبين الجدول (1-11) النسب المئوية المكونة للمادة العضوية النباتية:

الجدول (1-11): النسب المئوية للمركبات في المواد النباتية:

النسبة المئوية (%)	المادة
5 - 1	كربوهيدرات نشويات وسكريات
50 - 20	سيليلوز
28 - 10	هيمسيليلوز
15 - 1	بروتينات بسيطة ومعقدة
30 - 10	لفنين
2 - 1	زيوت وشموع وثنائيات والمواد الملونة

11-1-3- تأثير المادة العضوية في خصوبة التربة ونمو المحاصيل:

تشكل المادة العضوية جزءاً رئيسياً من الأراضي المنتجة *Productive soils* فهي إلى جانب تحسينها للخواص الطبيعية للأرض فإنها تمثل مخزناً لكثير من العناصر الغذائية اللازمة للنبات وخاصة لعناصر الكربون والآزوت بدرجة كبيرة وللفسفور والحديد والكبريت بدرجة أقل.

وعموماً تزداد خصوبة الأراضي بزيادة محتواها من المادة العضوية، إلا أن الأراضي ذات المحتوى العضوي المنخفض ليست دائماً غير خصبة، بدليل أن كثيراً من الأراضي الصحراوية المنخفضة في محتواها من المادة العضوية تكون ذات خصوبة عالية عند وضعها تحت نظام الزراعة، إلا أنه يجب مراعاة المحافظة على محتوى مثل هذه الأراضي من المادة العضوية نظراً لانخفاضه المستمر مع الزراعة ما لم يُضَف الآزوت والمادة العضوية لها. ويمكن تلخيص الآثار الإيجابية الأساسية للمادة العضوية في التربة بما يلي:

(1) إمداد النباتات والأحياء الدقيقة بالعناصر المغذية: تعد المواد العضوية مصدراً من المصادر الهامة للعناصر المعدنية فتتفرد هذه العناصر المعدنية

بعد إتمام تحليل المادة العضوية وتصبح على صورة قابلة للاستفادة وعلى هذا تتوقف مقدرة الأراضي على الإمداد المستمر للعناصر الغذائية أساساً على محتواها من المواد العضوية.

وتعد المادة العضوية كذلك مصدراً لغذاء الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة كما أنها تزود الكائنات الأخرى المتطفلة عليها بالغذاء بما تحتويه من اللغنين والسيليلوز والنشاء والسكريات والدهون والبروتينات.

(2) زيادة قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء: تزيد المادة العضوية من قدرة الترب على الاحتفاظ بالماء، إذ إن المواد العضوية ما هي إلا غرويات تنتشر في الماء، وعلى ذلك فإن إضافة المادة العضوية إلى التربة يزيد من مقاومتها للجفاف. ويتميز سطح الأرض غالباً بمقدرته الكبيرة على الاحتفاظ بالماء نظراً لوجود المادة العضوية فيه بنسبة مرتفعة.

(3) تحسين بناء التربة: تساعد المواد العضوية على تحسين بناء التربة وتكوين الحبيبات المركبة مما يزيد من تهويتها ومن سهولة رشح المياه عبرها ومن الحجم الذي تشغله الجذور عن طريق خفض مستوى الماء الأرضي. كما تحمل الحبيبات الغروية كثيراً من الشحنات السالبة مما يزيد قدرة مثل هذه الأراضي على امتصاص العناصر الغذائية وبالتالي تزيد من خصوبة الأراضي.

11-1-4-تحلل المادة العضوية:

11-1-4-1- نسبة الكربون إلى الآزوت C/N Ratio وعلاقتها بتحلل

المادة العضوية:

تعد المادة العضوية مصدراً رئيسياً للأزوت الذي ينطلق من المادة العضوية على صورة أمونيا ثم تتم أكسدته إلى نترات. ومن المرغوب فيه أن

تتم هذه التغيرات بالسرعة المناسبة حتى يظل مستوى النترات مرتفعاً أثناء أطوار نمو النبات المختلفة وتتوقف صلاحية الأزوت العضوي للنبات على معدل تحلل المادة العضوية والمتعلقة بنسبة الكربون إلى الأزوت C/N Ratio الموجودة فيها.

إذا أضيفت إلى التربة أي مادة نباتية فإن سرعة تحللها تتوقف على نشاط الأحياء الدقيقة، وهذا يتوقف بالتالي على كمية الأزوت المتوافرة. فإذا احتوت المادة النباتية الأزوت بكمية مناسبة فإن البكتيريا تستفيد منه لبناء جسمها، أما إذا احتوت على كميات غير كافية من الأزوت فإن البكتيريا تستفيد عند ذلك من الأزوت الموجود في التربة مؤقتاً نظراً لتمثيل الجزء الذائب منه في أجسام الميكروبات والذي ينطلق ثانية بعد موت الميكروبات عند انتهاء التحلل. فإذا أضيف قش القمح مثلاً إلى الأرض ونسبة C/N فيه كبيرة وكانت الأرض فقيرة بالأزوت فإن الكائنات الدقيقة تستفيد من الجزء الموجود في التربة، فإذا زرعت التربة في أثناء ذلك تظهر على المحصول المزروع أعراض نقص الأزوت، وللتغلب على ذلك من الضروري إضافة الأزوت الذائب على صورة سماد حيث يكفي لاحتياجات الكائنات الدقيقة وكذلك للمحصول المزروع.

وعند قلب النباتات البقولية في التربة كسماد أخضر فإنها تمد كلاً من الكائنات والنباتات الحية المزروعة بالأزوت ويلاحظ أن نسبة C/N Ratio فيها بين 20-25:1

وكقاعدة عامة فإن المادة العضوية التي تحوي أزوتاً أقل من 1.5 % فمن المحتمل ألا تتطلق أزوتاً لذلك الموسم. ويستفاد من تلك النقطة عند عمل السماد العضوي الصناعي Compost من مخلفات المزرعة التي تكون غالباً ذات محتوى ضعيف من الأزوت، فلتسريع التحلل يضاف إلى المخلفات أسمدة آزوتية

حتى تستمد الأحياء الدقيقة ما تحتاجه من الأزوت لبناء أجسامها كي تسرع عملية التحلل.

11-1-4-2- العوامل المحددة لعدد ونوع الكائنات الحية الدقيقة في التربة:

(1) الحرارة: تحدد الحرارة سرعة التفاعلات الكيميائية والحيوية في التربة، إذ أن ارتفاعاً لعشر درجات مئوية في حرارة التربة التي تبلغ (5-10م°) من شأنه أن يزيد سرعة التفاعلات الحيوية إلى الضعف أو ثلاثة أضعاف.

تقع أنسب درجة حرارة للكائنات الحية في حدود 35 م° وعلى الرغم من ذلك فإن معظمها يتأقلم مع تغيرات الحرارة التي تحدث في التربة وتستطيع العيش في مدى كبير من الحرارة وتتأقلم مع التغيرات الحرارية.

وعلى الرغم من أن أنسب درجة حرارة للكائنات الحية الدقيقة تقع في حدود 35 م° فإن معظم هذه الكائنات تعيش في مدى كبير من الحرارة وتتأقلم مع تغيرات الحرارة التي تحدث في التربة. وبصورة عامة فإن معظم الكائنات الحية الدقيقة لا تصل إلى أعلى مستوى لنشاطها وبالتالي لا تستعمل إلا جزءاً يسيراً من الطاقة المتوافرة في التربة لأن أفضل درجة حرارة لنموها تكرر أكبر بكثير من درجة حرارة التربة حتى في فصل الصيف.

(2) الرطوبة: تعد الرطوبة عاملاً أساسياً يؤثر على نمو ونشاط الكائنات الحية الدقيقة في التربة، ويمكن القول إن أنسب كمية من الماء لمعظم الكائنات الدقيقة هي في حدود (50-70)% من السعة القصوى لاحتفاظ التربة بالماء أي في الحدود التي تتطلبها النباتات لنموها وإنتاجها. وتحمل معظم الكائنات الحية الدقيقة مجالات كبيرة من تغير الرطوبة الأرضية فتضمن بذلك انتشارها رغم الاختلافات المؤقتة في الرطوبة الأرضية.

(3) الحموضة: تؤثر درجة حموضة التربة تأثيراً مهماً على نشاط وغزارة أنواع الكائنات الحية الدقيقة الموجودة فيها وتعد الأراضي المعتدلة أو القريبة من المعتدلة أنسب الأراضي لنمو ونشاط الكائنات الحية الدقيقة المختلفة. فمن الملاحظ زيادة عدد الفطريات إلى البكتيريا في الأراضي الحامضية منه في الأراضي المعتدلة.

(4) التهوية: تحتاج الكائنات الحية الدقيقة كبقية الكائنات الحية إلى الأوكسجين لنموها وتكاثرها كما أنها تتأثر بتركيز بعض الغازات كالأزوت وثنائي أكسيد الكربون والأوكسجين في الهواء الأرضي، فهي تحتاج إلى الأوكسجين من أجل عمليات الأكسدة وإلى ثاني أكسيد الكربون كمصدر للكربون في حالة الكائنات الذاتية التغذية وإلى الأزوت في حالة الكائنات المثبتة له، كما يتطلب تحليل المادة العضوية في التربة توافر الأوكسجين فيها سواء بالنسبة للكائنات التي تؤكسد المركبات الحاوية على كربون أو المركبات الحاوية على أزوت أو كبريت أو غيرها، وبما أن تهوية التربة ترتبط مباشرة برطوبة التربة نظراً لوجود علاقة عكسية بين هواء التربة ومائها، فإن الظروف المائية في حالة الأراضي سيئة الصرف أو الأراضي ثقيلة القوام تشجع عمليات الاختزال المختلفة وتعمل على تراكم المادة العضوية بينما تحد التهوية الجيدة للتربة من تراكم المادة العضوية وتساعد على سرعة تحليلها كما هو الحال في الأرض الرملية غالباً.

(5) الأملاح: تؤثر نسبة الأملاح المعدنية في التربة على نشاط الكائنات الحية الدقيقة فيها، إذ تزيد نسبة الأملاح المعدنية في التربة من النمو النباتي وبالتالي تزيد كمية البقايا النباتية أي مصادر الطاقة للكائنات الدقيقة مما يزيد من نشاط هذه الكائنات، ومن جهة أخرى يعد توافر بعض العناصر أساساً في عمل بعض أنواع الكائنات الدقيقة. وبالمقابل فإن زيادة تركيز الأملاح

المعدنية في المحلول الأرضي له أثر عكسي وضار على النباتات وعلى الكائنات الحية الدقيقة على السواء.

(6) نسبة الكربون إلى الآزوت: يؤلف الكربون جزءاً كبيراً من تركيب المادة العضوية ويرتبط ارتباطاً وثيقاً بمحتويات التربة من الآزوت، لذا تعد نسبة الكربون إلى الآزوت ذات تأثير محدد في تحلل المادة العضوية وفي إفادة النبات من الآزوت. وتختلف هذه النسبة في البقايا النباتية وأنسجة الكائنات الحية الدقيقة وتميل هذه النسبة إلى كونها أقل في الطبقات السفلية عنها في الطبقات السطحية. وتتضح أهمية نسبة الكربون إلى الآزوت في المادة العضوية في التربة في نقطتين:

(1) المنافسة على الآزوت بين النباتات والكائنات الحية الدقيقة عند إضافة مواد عضوية ذات نسبة عالية من الكربون إلى الآزوت في التربة.

(2) المحافظة على مستوى المادة العضوية في التربة.

11-1-4-3- محتوى التربة من المادة العضوية:

يختلف محتوى تربة ما من المادة العضوية تبعاً لعوامل عدة نذكر منها:

(1) نوع النباتات الموجودة: تستقبل على سبيل المثال الأراضي الواقعة تحت أشجار متساقطة الأوراق في جو بارد مادتها العضوية من تلك الأوراق المتساقطة التي تتركز في الطبقات العليا أو في السنتمرات الأولى من قطاع التربة، أما الأراضي الواقعة تحت الحشائش الطبيعية Grass land نجدها تستمد مادتها العضوية من جذور ليفية كثيفة موزعة بانتظام في قطاع الأرض وبعمق كبير جداً إلى حد ما.

(2) درجة الحرارة: أوضح كثير من العلماء العلاقة العكسية بين محتوى التربة من المادة العضوية ومتوسط الحرارة السنوي. فقد تبين أن انخفاض درجة

الحرارة يساعد على تراكم المادة العضوية في حين أن ارتفاع متوسط الحرارة يقلل كميتها في التربة، ويرجع ذلك إلى أثر الحرارة في زيادة سرعة التفاعلات الكيميائية والبيولوجية الحادثة عند تحلل المادة العضوية، ففي المناطق الجافة يكون محتوى التربة من المادة العضوية منخفضاً يزداد عادة بعد إدخال الأرض تحت نظام الزراعة والري.

(3) نوع التربة: تختلف كمية المادة العضوية اختلافاً كبيراً بين أنواع الأتربة المختلفة فبينما لا تتجاوز آثاراً قليلةً في الطبقة السطحية لبعض الأراضي المعدنية فإنها قد تصل إلى 15% تحت ظروف خاصة في بعضها الآخر. وبصورة عامة نجد أن الأراضي خشنة القوام تحتوي على كمية من المادة العضوية أقل من الأراضي الناعمة القوام نظراً لأن كثافة النباتات النامية في الأراضي خشنة القوام أقل وتهويتها أفضل لأكسدة المادة العضوية السريعة ورشحها أسرع مما هو عليه في الأراضي ناعمة القوام.

(4) كميات الأمطار المتساقطة: يؤدي الهطول المطري الغزير إلى غسل العناصر الموجودة في التربة مما يجعل كمية المادة العضوية تكون قليلة نسبياً في أراضي المنطقة الرطبة.

(3) حالة الصرف والتهوية بالأرض: تكون الأراضي سيئة الصرف بصورة عامة عالية المحتوى من المادة العضوية والآزوت إذا ما قورنت بالأراضي جيدة الصرف ولاشك أن قلة التهوية في الأراضي السيئة الصرف هي المسؤولة عن تراكم المادة العضوية والآزوت فيها.

(6) نوع وطبيعة عمليات الخدمة: لا بد من ذكر أثر الحراثة وانجراف الطبقة السطحية سواء بالماء أو الرياح على كمية المادة العضوية إذ تقل المادة العضوية في الأراضي المحروثة بنحو 30-60% عنها في الأراضي غير

المعرضة لعمليات الحرارة كأراضي المراعي والغابات كما أن انجراف التربة السطحية من شأنه أن يزيل نسبة كبيرة من المادة العضوية المتراكمة في هذه الطبقة.

11-2- دبال التربة:

11-2-1- تعريف الدبال:

يعرف الدبال علمياً بأنه الجزء المتحول من المادة العضوية بطريقة بيولوجية والمتصف بالطبيعة الغروية أما باللغة العامية فالدبال هو المادة العضوية الكلية التي لم تتحلل إلا جزئياً. ويتصف بصفات عامة أهمها:

- (1) ذو لون أسمر داكن أو أسود.

- (2) لا يذوب في الماء وإنما يكون معه محلولاً غروبياً في حين أنه يذوب لدرجة كبيرة في المحاليل القلوية المخففة وخاصة بالغلان مكوناً مستخلصاً داكن اللون يرسب جانب كبير منه عند معادلته بالأحماض المعدنية.
- (3) تكون نسبة الكربون فيه أعلى منها في أجسام النباتات والميكروبات، إذ تتراوح عادةً بين (55-56)% وقد تصل إلى (58)% بسبب ارتفاع نسبة اللغنين فيه.

- (4) يحتوي على نسبة كبيرة من البروتين قد تبلغ أكثر من (17)%.

- (5) نسبة الكربون إلى الآزوت فيه منخفضة قد تصل إلى 10:1.

• **مصدر الدبال:** ينشأ الدبال Humus في التربة من انحلال كل ما يوجد فيها من مواد عضوية كبقايا الأجزاء النباتية (الجنور والسوق الأوراق) ومخلفات الحيوانات والحشرات والكائنات الدنيا (روث وأجسام ميتة) وأنواع الأسمدة العضوية المختلفة إلا أن دبالها يطلق عادة على مجموع موادها العضوية بعد أن تستقر نوعاً ما أو عندما تصل إلى حال من التجانس بفعل الميكروبات. حيث يحتوي على نحو 45% من المركبات اللغينية و 35%

من المواد البروتينية و 11% من المواد الكربوهيدراتية و 3% من الدهون والشموع والراتنجيات و 6% من المواد العضوية الأخرى، هذا بالإضافة إلى ما يحمله من قواعد التربة.

- لا يوجد الدبال في حالة توازن ستاتيكي (ثابت) Static Equilibrium بل يوجد في حالة توازن ديناميكي (متحرك) Dynamic Equilibrium إذ يتزايد باستمرار من ناحية نتيجة ورود مواد عضوية جديدة ويتناقص من ناحية أخرى بالانحلال.

11-2-2- التركيب الكيميائي للدبال: يختلف تركيب دبال التربة وبالتالي نسبة الكربون إلى الآزوت فيه بطبيعة الحال باختلاف اللغينيات والبروتينات التي يتألف منها وباختلاف الأصول القاعدية التي تتصل به من حيث أنواعها ونسبها وبحسب مرحلة التحلل التي وصل إليها، حيث يتغير تركيبه من تربة إلى أخرى وفي قطاعات التربة نفسها تبعاً لظروف البيئة وأحوال الجو لأنه خاضع في تكوينه للحرارة والرطوبة والتهوية وأسلوب الزراعة ونوع المزروعات وغير ذلك من العوامل.

تلعب الأحماض الدبالية دوراً مهماً في تحديد خواص المادة العضوية وتأثيراتها الطبيعية والكيميائية في الترب المختلفة. وقد أوضحت الدراسات العديدة الخاصة بطبيعة ومصدر وتكوين الأحماض الدبالية أن تلك الأحماض مكونة من هيكل أساسي مؤلف من مجاميع فينولية متكاثفة ومؤكسدة Oxidative Polymerized Phenolic Unit ترتبط بها الأحماض الأمينية والبيبتيدات وبعض المواد العضوية الأخرى. وتعد اللغينيات المصدر الرئيسي للوحدات الفينولية والتي تشكل منها الأحماض الدبالية، وذلك لأنها تتكون من وحدات فينولية وتشكل جزءاً كبيراً من تركيب النبات ولأنها مقاومة للتحلل.

وتختلف الأحماض الدبالية عن اللغنين كثيراً على الرغم من أن كليهما يشتمل على الوحدات الفينولية في تركيبه. ومن أهم الفروق بينهما:

- (1) زيادة نسبة الآزوت في الأحماض الدبالية عنها في اللغنين.
- (2) نقص كمية الوحدات الفينولية الناتجة عن تحليل الأحماض الدبالية عن اللغنين.

تتكون المواد الدبالية عموماً من عدد من المركبات ذات الأوزان الجزيئية العالية والطبيعية الحامضية التي يرتبط جزء كبير منها وبمختلف الروابط بجزيء التربة المعدني. لذا يتم فصلها عن التربة وتجزئتها بواسطة مختلف أنواع المذيبات التي تحطم هذه الروابط. وقبل كل شيء يجب معاملة التربة بحمض الكبريت من أجل عملية انتزاع الكالسيوم أي تحرير التربة من الكالسيوم ويمكن وضع مخطط لتجزئة Fractionation المواد الدبالية بناءً على لون هذه المواد وعلاقتها بالمذيبات كما يلي:

11-2-2-1- حموض الهيوميك: تمثل حموض الهيوميك مجموعة المواد الدبالية التي تستخلص من التربة بالمحاليل القلوية بشكل محاليل داكنة اللون (هيومات الصوديوم والأمونيوم والبوتاسيوم) التي تترسب بالمحاليل الحامضية بشكل راسب هلامي غير متبلور Gel. وهي بالتعريف عبارة عن مجموعة من المركبات ذات الأوزان الجزيئية العالية ذات التراكيب والصفات المتماثلة، فقد وجد عند تحليل حموض الهيوميك أنها تتألف بالإضافة إلى العناصر الرئيسية: كربون، هيدروجين، آزوت، أكسجين من العناصر التالية: فوسفور، حديد، سيليكون، الألمنيوم، كبريت بكمية متراوحة بين (1-10)%. تتصف حموض الهيوميك المستخلصة من مختلف الأتربة بتركيبها العنصري متفاوت وفقاً للنسب التالية: كربون (50-62) %، أكسجين (31-40) %، هيدروجين (2.8-6) %، آزوت (2-6) %.

ويعود التفاوت السابق إلى أن حموض الهيوميك لا تمثل حموضاً محددة من حيث تركيبها الكيميائي ولأن تركيبها البنائي غير محدد وغير ثابت، وقد تم تصنيفها كحموض نظراً لاحتوائها على جذر الكربوكسيل فيها (-COOH) ولوجود معلمات الحموض المائية (Water Suspensions) ذات درجة الحموضة (3).

11-2-2-1-1 الصفات الطبيعية للحموض الهيومية:

(1) تنوع حجم دقائقها وعدم تجانسها من حيث تفاصيل بنائها مما يجعل تحديد وزنها الجزيئي معقداً جداً.

(2) تكون أملاح الحموض الهيومية مع العناصر القلوية أحادية التكافؤ مثل البوتاسيوم والصوديوم والأمونيوم والليثيوم ذوابة أو بالأصح ذات انتشارية عالية وتكون محاليل غروية من الزول Gol ذات لون داكن متراوح بين بني فاتح إلى بني غامق إلى أسود تقريباً، بينما تكون الحموض الهيومية الحرة وأملاحها مع الشوارد الموجبة الثنائية والثلاثية التكافؤ غير ذوابة وتوجد بهيئة هلام Gel.

(3) ترتبط حموض الهيومية في التربة مع الكالسيوم والمغنزيوم بدرجة كبيرة لذا تفقد قابليتها على الانتقال في قطاع التربة وتتجمع معظم كمياتها في الطبقات العليا.

(4) تمثل الحموض الهيومية أهم جزء في الدبال (هيومس Humus) وذلك بسبب سعتها التبادلية العالية بالنسبة للشوارد الموجبة، إضافة إلى الدور المهم الذي تلعبه في تشكيل البناء المناسب للتربة الزراعية.

(5) تعد الحموض الهيومية مصدراً احتياطياً مهماً جداً لتغذية النبات وخاصة بالأزوت.

1-2-2-2- الحموض الفولفية **Fulvis Acids**: هي عبارة عن المواد الدبالية ذات اللون الأصفر أو الأحمر الخفيف التي تبقى في المحلول بعد تميض **Acidification** المستخلص القلوي وترسيب الحموض الهيومية منه.

يرتبط اسم حمض الفولفيك بلونه فولفوس (**Fulvus**) الذي يعني باللغة اللاتينية أصفر وكما هو الحال للحموض الهيومية فإن الحموض الفولفية تمثل مجموعة من المركبات ذات الأوزان الجزيئية العالية المتشابهة في تركيبها والتي يختلف تركيبها العنصري عنه في الحموض الهيومية حيث تحتوي على نسبة أقل من الكربون والآزوت ونسبة أكبر من الهيدروجين والأكسجين كما تبين النسب التالية: كربون (44-49)٪، أكسجين (44-49)٪، هيدروجين (3.5-5)٪، آزوت (2-6)٪.

كما تكون نسبة الكربون إلى الهيدروجين H/C في الحموض الفولفية دائماً أضيق مقارنةً بالحموض الهيومية، كما أن مقدار الرماد في الحموض الفولفية يصل إلى 7-10٪.

تتميز الحموض الفولفية بأنها أكثر حباً للماء **Hydrophilic** من الحموض الهيومية بسبب اتساع نسبة المجاميع الأليفاتية التي تحمل الصفات المحبة للماء إلى المجاميع العطرية التي تحمل الصفات الكارهة للماء **Hydrophobic**.

تشتمل الحموض الفولفية على كل من جذور الكربوكسيل $COOH$ والهيدروكسيل الفينولية OH ، كما تحتوي الحموض الفولفية المستخلصة من التربة أيضاً على جذر الميثوسيل OCH_3 وبكميات كبيرة قد تصل إلى (5-7)٪.

والحموض الفولفية ذائبة في الماء أو بالأصح غروية ودرجة تفاعل الحموض الفولفية المنقاة بالتحليل الكهربائي Elector dialysis وذات الحموضة الكلية (0.005-0.006) مكافئ تقع بين (2.6-2.8) وعلى هذا الأساس تعد الحموض الفولفية من الحموض العضوية القوية. بينما تفاعل الحموض الهيومية ذو التركيز المشابه لتركيز الحموض الفولفية المذكورة يكون (3.7).

وقد تجمعت في السنين الأخيرة معلومات تشير إلى الرابطة القوية بين الحموض الهيومية والحموض الفولفية وتختلف هذه المجموعة من الحموض عن بعضها بعضاً من حيث التركيب العنصري ودرجة انتشارية دقائقها ودرجة تكتفها الضوئية وحساسيتها للتخثر بالإلكترولينات.

ولقد تبينت إمكانية التحول التدريجي للحموض الفولفية إلى حموض الهيومية والعكس بالعكس أي أنه يمكن عدّ الحموض الفولفية أشكالاً أولية للحموض الهيومية أو نواتج تحطمها.

11-2-2-3- الهومين Humin: الهيومين هو ذلك الجزء من المواد الدبالية الخاصة الذي لا يستخلص من التربة بالمحاليل القاعدية حتى بعد تحرير التربة من الكالسيوم، وحالياً فقد أصبح ممكناً الآن استخلاص الهيومين بصورة كاملة بطريقة المعاملة المتناوبة بالحمض والقاعدة.

والهومين عبارة عن معقد من المواد الدبالية مشابه للمعقد المستخلص بالقاعدة مباشرة من التربة المغسولة من الكالسيوم، أي أنه يتكون من الحموض الهيومية والفولفية وتختلف الحموض الهيومية في الهيومين عن الحموض الهيومية الاعتيادية بكونها تحتوي على نسبة أخفض من الكربون ونسبة أعلى من الأوكسجين والهيدروجين. وتكون الحموض الهيومية والفولفية في الهيومين ذات درجة عالية من البلورة والتجمع

Polymerization والتراص Compactness مما يعطيهم المقاومة الكافية
لفعل القواعد.

11-2-3- طرائق تكون الدبال في التربة:

يتكون الدبال نتيجة تحول البقايا النباتية تحت تأثير الأحياء الدقيقة التي
تشارك في جميع مراحل تكونه، ويساعد في ذلك العدد الهائل من الأحياء الدقيقة
Microflora التي توجد في التربة.

تعد البقايا النباتية الكلوروفيلية الخضراء المادة الأساسية من حيث الكمية
في تكون الدبال وتجري عملية تحول هذه المواد تحت تأثير الفعالية الحيوية
للأحياء الدقيقة في عدة طرائق:

(1) التمعدن الكامل **Mineralization**: تتكون في هذه العملية المركبات
البسيطة مثل الأمونيا والماء وثاني أكسيد الكربون والأملاح البسيطة الأخرى
التي تشارك فيما بعد مرة أخرى في عمليات تغذية الأحياء ذاتية التغذية
(الأوتوتروفية Autotrophic).

(2) تكون المواد العضوية الجديدة لأجسام الأحياء الدقيقة (التمثيل الميكروبي
Microbial synthesis): بعد الموت والانحلال الذاتي للأحياء الدقيقة
تتعرض هذه المواد مرة أخرى للتحولات اللاحقة.

(3) تكون المادة الدبالية الخاصة: تتكون بالدرجة الأساسية من النواتج الوسيطة
لعمليات التفسخ وتكون الدبال.

11-2-4- أنواع الدبال:

يقسم الدبال بحسب الأساس الذي يعتمد في التقسيم إلى أنواع متعددة
كالتالي:

11-2-4-1- بحسب تأثير المذيب القلوي: عند معاملة المادة العضوية
الموجودة في التربة بقلوي مركز ساخن مثل ماءات الصوديوم (أو أي مذيب

آخر) يلاحظ أن قسماً منها يذوب دون الآخر. يطلق على الجزء الذائب والذي يمكن فصله بالترشيح اسم دبال متبدل وتبلغ نسبته عادة (75%) من الدبال وهو قابل للأكسدة وفعال كيميائياً، أما الجزء غير الذائب فيشكل نحو (25%) من الدبال فيسمى دبال غير متبدل وهو غير فعال كيميائياً.

11-2-4-2- بحسب درجة تشبع الدبال بالقواعد وهو عدة أقسام:

(1) دبال مشبع: يتكون في المناخ الجاف ونصف الجاف جيد التهوية وهو متعادل أو قلوي التأثير فإذا كان الكالسيوم هو الكاتيون السائد سمي بالمول الجيري (الكلسي) Calcium Mull.

(2) دبال غير مشبع: وهو يتكون في المناخ الرطب، ومن صفاته أن تحلله ضعيف وحامضي التأثير ويقسم إلى قسمين:

أ- المول الحامضي Acid Mull: وهو دبال غير مشبع يتكون تحت الغابات عريضة الأوراق وتكون نسبة الكربون إلى الآزوت فيه بين 15-20.

ب- المور Mor: وهو دبال غير مشبع يتكون تحت الغابات الصنوبرية، تتراوح نسبة الكربون إلى الآزوت فيه بين 20-40.

ج- دبال متوسط التحلل Moder: يعد نوعاً انتقالياً بين المول والمور وينشأ في الترب العشبية البودزولية.

11-2-4-3- بحسب نوع الأرض ويقسم إلى:

(1) دبال أراضي الغابات: تكون فيه نسبة اللجنوبروتين مرتفعة بينما نسبة الكربوهيدرات منخفضة.

(2) دبال أراضي البراري: تكون نسبة اللجنوبروتين فيه منخفضة بينما تكون نسبة الكربوهيدرات مرتفعة.

• أياً كان تصنيف الدبال فهناك مجموعة من الخواص التي تميز الأنواع الدبالية وهي:

(1) درجة التشبع بالقواعد.

(2) درجة ال PH.

(3) معدل التمعدن السنوي.

(4) معدل استخلاص الدبال ودرجة بلمرته.

(5) نسبة الكربون إلى الآزوت.

وتبعاً لذلك فقد ميز العالم الفرنسي دوشوفور (1970) أربعة أنواع من الدبال في الأوساط جيدة التهوية ونوعين في الأوساط سيئة التهوية كما هو موضح في الجدولين التاليين (2،11) و (3،11)

الجدول (2،11): أنواع الدبال في الأوساط جيدة التهوية

نوع الدبال	PH	C\N	التشبع بالقواعد (%)	التمعدن
المول الكلسي	أكثر من 7	10	مشبع	سريع جداً
مول غابي	5.5	15-12	60-20	سريع
المودر	5-4	25-15	20-10	متوسط
المور (الدبال الخام)	4.5-3.5	40-25	أقل من 10	بطيء

الجدول (3،11): أنواع الدبال في الأوساط سيئة التهوية

نوع الدبال	PH	C\N	للتشبع بالقواعد %	التمعدن
أنمور	متغير	أقل من 20	متغير	بطيء
التورب	فقير بالعناصر الغذائية	40-30	أقل من 16	بطيء جداً

11-2-5- أهمية الدبال في خصوبة التربة:

يعد دور الدبال في خصوبة التربة عظيماً ومتعدد الجوانب يمكن تلخيصه في النقاط التالية:

(1) الاحتفاظ بحرارة التربة: يعود تأثير الدبال في خواص التربة إلى طبيعة صفاته وتركيبه فهو لقتامة لونه التي قد تصل إلى درجة السواد يكسب التربة

لوناً بنياً قاتماً يتدرج نحو السواد تبعاً لدرجة انحلاله ولما كانت حرارته النوعية تبلغ نحو ضعفي الحرارة النوعية للطين فإنه يحتفظ بحرارة التربة التي تساعد على إنبات المحاصيل ونموها.

(2) الحفاظ على رطوبة التربة: يعد الدبال غروياً محباً للماء ويؤلف مع الطين (الطين أهم الغرويات المعدنية بالتربة) وحدة واحدة تسمى بالمعقد الغروي. Colloidal Complex وهو يمتص من الماء ما يساوي بالنسبة لوزنه 25 مرة بينما يمتص الطين أكثر من ثلثي وزنه من الماء ولهذه الخاصية أهمية كبرى في احتفاظ الأرض بمائها في أثناء الجفاف.

(3) تحسين بناء التربة: يعود أكثر عيوب التربة الطينية إلى التصاق حبيباتها واندماجها وضيق مسامها. ولكن الجير يكون مع الدبال، وخاصة ما يغلف حبيبات التربة، راسباً مجعاً يربط كل مجموعة من تلك الحبيبات ويلحمها بعضها ببعضها الآخر فتتسع مسامها ويصبح صرفها ميسوراً ومرور الهواء فيها سهلاً وانتشار الجذور في طبقاتها هيناً. أما التربة الرملية فتفككها الزائد وسرعة تسرب الماء منها هي أهم عيوبها والدبال يتوزع ويبطن ما بينها من قنوات فإذا ما امتص الماء وانتفخ زال ما بها من عيوب.

ولا تتوقف قدرة الدبال على تجميع حبيبات التربة Aggregation في الواقع على صفاته الغروية وحدها ولكن ترجع أيضاً إلى أنه مرتع خصب للأحياء الدقيقة التي تكون مواد مخاطية تعمل على ربط الحبيبات بجانب ما تعمله الخيطية الشكل منها وعلى الأخص الفطريات في لصق الحبيبات وتجمعها.

(4) التأثير في سعة التربة لتبادل القواعد: يساهم الدبال مع الطين في تحديد سعة التربة للقواعد المتبادلة وأثره في ذلك أبلغ من أثر الطين فسعة الغرام الواحد التبادلية من الدبال للقواعد تتراوح بين 2.5 - 5 مليمكافىء

Milligram Equivalents أما سعة غرام الطين التبادلية فهي في المتوسط 0.65 ملمكافىء. ولما كان خصب التربة يتناسب مع سعتها التبادلية لتلك القواعد فإنه يتناسب أيضاً مع الدبال الذي يساهم بنصيب كبير في تحديد هذه السعة. والدبال وبعض مكوناته يعمل كحامض ضعيف يقوم مع الهيومات Humate بتنظيم حموضة التربة وقلويتها Buffer Action ولهذا أهميته الكبرى في انتظام حياة النباتات.

(5) تزويد النباتات بالغذاء: يعد الدبال مخزناً للأغذية النباتية المدخرة التي تخرج منه شيئاً فشيئاً وثاني أكسيد الكربون الناتج عن انحلاله فضلاً عن أنه مصدر للكربون اللازم للنبات فإنه يزيد قدرة الماء الأرضي على إذابة الأغذية النباتية المختلفة كالفسفور والبوتاسيوم والحديد والكالسيوم والمنغنيز والزنك والمغنزيوم وغيرها من العناصر الموجودة في أصولها الصخرية في التربة.

(6) التزويد بالأحياء الدقيقة: يعد الدبال مهذاً للميكروبات النافعة ومصدراً لجهدا وغذائها وهذه الأحياء لا يقتصر نفعها على ما هو مشهور في أعمال التآزت أو تثبيت الآزوت الجوي في التربة بل ويمتد إلى تحول بعض العناصر إذا كانت في صورة مركبات عضوية أو غير عضوية غير صالحة للامتصاص النباتي إلى الصورة الصالحة، كما قد يمتد إلى تشجيع نمو الميكروبات المضادة للفطريات والبكتيريا والديدان الأسطوانية (النيماتودا) المسببة للأمراض، كما أن الدبال يحتوي على مواد تسمى بالأوكسينات Auxines (محفزات النمو) يظهر أنها مفرزات للميكروبات ويقال إن بينها وبين الفيتامينات والهرمونات ترابطاً ذا علاقة وثيقة بنمو النباتات.

يتضح مما ذكر أن الحموض الهيومية أكثر أجزاء الدبال قيمة كما أن التربة الغنية بالدبال الغني بالحموض الهيومية تملك طاقة خصوبية عالية بالمقارنة مع الأتربة الفقيرة به.

11-2-6- كمية الدبال في التربة وتأثير فعاليات الإنسان الزراعية عليها:

يوجد الدبال في الأراضي بنسبة تتراوح بين الصفر و90% وتكون كميته منخفضة في الأراضي الجافة والحارة والرطبة، وعالية في الأراضي الرطبة الباردة. وتعد الأراضي فقيرة في المواد العضوية إذا قلت نسبة الدبال عن 3% وغنية إذا احتوت من 5-10% وتعد دبالية إذا زادت على 20% ويوجد الدبال عادة بأعلى نسبة على السطح ويقل تدريجياً في عمق التربة، وهذا التوزيع طبيعي في أراضي المناطق المعتدلة والحارة، أما في أراضي البودزول فإن أعلى نسبة من الدبال تكون في الأفق السفلي.

وتعد الأراضي السورية عموماً فقيرة بالدبال عدا الأراضي الواقعة في منطقة الغاب وتحت الغابات، ويرجع السبب في ذلك إلى أن فصل النمو قصير نسبياً في سوريا وتتركز الأمطار في أقل من 6 أشهر، ولذلك فتحلل المادة العضوية أسرع من تراكمها.

إن فعاليات الإنسان الزراعية يمكن أن يؤثر على التوازن بين عمليات تكون الدبال وتحلله. حيث تزيد حرارة التربة من تهوية التربة وتبعاً لذلك تزيد من شدة عمليات التحلل البيولوجي وهذا يؤدي إلى إسراع وتعجيل تحلل المواد العضوية. لذلك فإن حرارة زراعة الأراضي البكر يؤديان في السنين الأولى إلى خفض نسبة الدبال في الطبقة السطحية.

هذا من جهة، ومن جهة أخرى فإن المحاصيل تغني التربة ببقايا الجذور والأوراق والسيقان ويعد هذا مصدراً للتكوين الجديد للدبال، ومقدار ما يتراكم من الدبال في هذه الحالة يعتمد على كمية البقايا النباتية وتوزيعها في التربة

وخصائص التحلل له. وتعد الأسمدة العضوية (الأسمدة البلدية المختلفة وكومبوست المخلفات الزراعية والأسمدة الخضراء) مصدراً للمواد العضوية في التربة. وقد وجدت أكبر كمية من الدبال في التربة المزروعة بالفصّة ذات المجموعة الجفريّة الكبيرة وأقل كمية في التربة المزروعة بالشعير والنباتات الحولية.



الفصل الثاني عشر

الأسمدة المعدنية

تشتمل العناصر الضرورية لحياة النبات على عشرة عناصر هي الكربون والأكسجين اللذان يأخذهما النبات من الهواء الجوي والهيدروجين الذي يأخذه من الماء الغشائي والتربة، إضافة إلى الآزوت والفوسفور والكبريت والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنزيوم والحديد التي يأخذها النبات من أملاحها الصالحة للتغذية وجميعها غير متوافرة في التربة ولهذا تسمى بالعناصر السمادية. وتقسم الأسمدة الكيميائية إلى عناصر كبرى وأخرى صغرى. من أهم العناصر الكبرى: الآزوت والفوسفور والبوتاسيوم و الكالسيوم.

12-1- السماد الآزوتي:

12-1-1- أهمية الآزوت للنبات:

يعد وجود الآزوت في التربة بكميات مناسبة ركناً أساسياً من أركان خصوبة التربة لأنه عنصر غذائي رئيسي، إضافة إلى أنه يمكن النبات من الحصول على بعض العناصر الغذائية الأخرى مثل الفوسفور والكالسيوم وكذلك فهو يعد من أكثر العناصر صعوبة في التحكم بكميته وتنظيم إمداد النبات به، ومن هنا تنبثق ضرورة المحافظة على آزوت التربة بإضافة بقايا المحاصيل والأسمدة العضوية والأسمدة الآزوتية المعدنية مع التأكيد على عدم صواب الاعتقاد السائد بعدم إضافة الأسمدة الآزوتية في أثناء النمو بحجة أن المحصول قد تلقى تسميداً عضوياً كافياً، لأن السماد العضوي يحسن الصفات الفيزيائية للتربة ويمدها بعناصر غذائية أخرى تساعد المحصول على الاستجابة لإمدادات أكبر من الآزوت غير العضوي. ويمكن تلخيص أهمية الآزوت بالنسبة للنبات بالنقاط التالية:

1) تحتاج أغلب النباتات إلى الآزوت وبكميات كبيرة لبناء أنسجتها لأنه أساس في تركيب وتمثيل البروتين والبروتوبلازم وتمثيل الكلوروفيل مع ذرات الكربون و الهيدروجين والمغنيزيوم.

2) يعد الآزوت ضرورياً لتكوين الأنزيمات والفيتامينات فهو يساهم في زيادة حجم الأوراق والسيقان للنبات كما يساهم في زيادة إنتاج الثمار والحبوب والخضار وخاصة الورقية منها.

3) زيادة نمو الجذور.

4) زيادة سرعة النمو العام للنبات.

إلا أن إعطاء الآزوت للنبات بكميات عالية أكثر مما يحتاجه يؤدي إلى تأخير النضج وقد تصاب النباتات بظاهرة الانضجاع نتيجة الزيادة في نمو السلاميات، أما نقصه فإنه يؤدي إلى صغر الأوراق واصفرار لونها حيث يبدأ بأطراف الأوراق السفلية ثم ينتشر الاصفرار إلى جميع الأوراق وبتقدم النقص حتى يتحول اللون إلى بني محروق.

12-1-2- وجود الآزوت في الطبيعة وأشكاله في التربة:

يوجد الآزوت بكثرة في الطبيعة ضمن حالتين:

1) الآزوت الحر: وهو يشكل نحو 80% من الغلاف الجوي ولا تستطيع الحيوانات والنباتات الراقية التغذية عليه مباشرة ما لم يتحد مع الهيدروجين والأكسجين أو الكربون.

2) الآزوت المرتبط: وهو الذي يشكل مركبات عضوية أو معدنية.

12-1-2-1- أشكال الآزوت اللاعضوي:

يوجد الآزوت اللاعضوي بهيئة نترات (NO_3^-) أو أمونيوم (NH_4^+) في محلول التربة المائي وعلى غرويات التربة. إضافة إلى أكسيد النتريك (NO) والنتريت (NO_2) وأكسيد النتروز (N_2O) إضافة إلى غاز الآزوت (N_2)

ويمكن أن يوجد الآزوت في التربة بشكل ماءات أمونيوم (NH_4OH) الناتجة أثناء تحول النترات (NO_3^-) بشكل عرضي.

تعد كل من شاردتي النترات (NO_3^-) والأمونيوم (NH_4^+) من أهم أشكال الآزوت التي تشكل مصدراً لتغذية النباتات، أما (NO) و (N_2O) فهما من الأشكال الثانوية التي تحدث أثناء عملية النترجة دون أن يستفيد منها النبات. أما النتريت (NO_2) فقد أوضحت الأبحاث سميته بالنسبة للنبات.

12-1-2-2- أشكال الآزوت العضوي:

تعد كل من الأمينات والحموض الأمينية والحموض الأمينية السكرية والبروتينات أهم أشكال الآزوت العضوي في التربة، وحري بالذكر أن النبات غير قادر على الاستفادة من الأشكال العضوية للأزوت ما لم يصاحبها عدة تغيرات في أثناء عملية التمعدن.

وقد وضحت بعض الأبحاث إمكانية استفادة النبات من الأشكال العضوية البسيطة للأزوت بشكل حموض أمينية وحموض نووية ذائبة في الماء التي يمكن أن تمتص مباشرة من قبل النبات.

12-1-3- مصادر الآزوت في التربة:

(1) مركبات الآزوت المعدنية: وهي تواجد بشكل كبير على صورة تراكومات نتراتية طبيعية على سطح التربة كما في الشيلي.

(2) مركبات الآزوت العضوية: وهي توجد بشكل أزوت متحد مع الأوكسجين أو الهيدروجين أو الكربون أو مع أكثر من واحد منها، وتعد المادة العضوية مصدر الآزوت العضوي في التربة الذي تعتمد كميته فيها على نوع وكمية مادة المخلفات العضوية في التربة.

(3) الآزوت المضاف للتربة عن طريق الأمطار خلال العواصف الرعدية: وتقدر كمية هذا الآزوت بنحو (6) كغ/هكتار/سنة، و هذا الآزوت نترات (NO_3^-) الذي يتحول عند ذوبانه في الماء إلى حمض الآزوت في التربة .

(4) الهواء الجوي: وهو يعد مصدراً كبيراً للآزوت المثبت بيولوجياً حيث يثبت تعايشياً في بعض النباتات والذي تختلف كمياته المثبتة سنوياً باختلاف هذه النباتات. وهناك أكثر من (12) عائلة من البكتيريا تضم (47) نوعاً تقوم بهذه العملية. كما يثبت الآزوت الغازي لاتعايشياً خاصة من البكتيريا

12-1-4- سلوك الآزوت وتفاعلاته في التربة:

يتغير الآزوت في دورته في التربة ويتحول إلى أشكال وهيئات متعددة، ويكون الآزوت القابل للإفادة بصورة نترات (NO_3^-) وأمونيوم (NH_4^+) تتعلق كمياتها بالمقدار المنطلق منها في أثناء تحلل المادة العضوية وبمقدار ما يضاف إلى التربة من أسمدة معدنية.

ومن جهة أخرى فإن قابلية الآزوت للإفادة ترتفع نسبياً في ترب المناطق الرطبة بسبب سرعة تحلل المواد العضوية بينما تكون قابليته للإفادة في ترب المناطق الجافة وشبه الجافة أقل حتى لو كانت نسبة الآزوت الكلية في التربة عالية، وكثيراً ما تتطلب المحاصيل المزروعة في مثل هذه الترب إضافة الآزوت وذلك بسبب تغاير النسبة بين الآزوت العضوي والآزوت المعدني أو ما يسمى نسبة C/N .

وبمعنى آخر فإن كمية الآزوت القابل للإفادة في التربة تتوقف بالدرجة الأولى على عمليتي تمعدن الآزوت والتي يقصد بها تحول الآزوت العضوي إلى أزوت معدني بشكل (NH_4^+) أو (NO_3^-) وعملية تثبيت الآزوت والتي يقصد بها تحول أشكال الآزوت المعدنية إلى الآزوت العضوي عن طريق الأحياء الدقيقة والنبات.

وفيما يخص الآزوت المعدني فإن قابلية ذوبانه تكون عالية عندما تكون حموضة التربة (PH) من (6-8)

12-1-5- حركية الأسمدة الآزوتية في التربة:

تتعرض الأسمدة الآزوتية المضافة إلى التربة إلى تغيرات وتبدلات في تركيبها وإلى تكوين مركبات جديدة تنتجها التفاعلات البيولوجية والكيميائية التي تتحكم بها الكائنات الحية كافة التي تسكن التربة وتؤثر فيها خواص التربة ومكوناتها والظروف الجوية. إذ تزود التربة بالأزوت عن طريق الأسمدة الآزوتية والتثبيت التعايشي واللاتعايشي الذي تقوم به أجناس ومجموعات خاصة من البكتيريا وكذلك عن طريق المادة العضوية لبقايا النباتات والأسمدة العضوية. وتتحول المركبات الآزوتية في التربة بواسطة الأنزيمات التي تفرزها الكائنات الحية الدقيقة إلى بروتوزات وبيتونات ثم أحماض أمينية وثاني أكسيد الكربون وطاقة، وتدعى هذه العملية تكوين الأحماض الأمينية Aminization وتقوم بعدها الكائنات الحية الدقيقة من النوع المختلط التغذية بتحويل المركبات الأمينية إلى أمونيا ومن ثم إلى أمونيوم وتدعى هذه العملية بتكوين الأمونيوم Ammonification.

12-1-6- العوامل البيئية المؤثرة في تثبيت الآزوت الجوي:

12-1-6-1- العوامل الفيزيائية:

(1) درجة الحرارة: تؤثر درجات الحرارة بشكل كبير على الأنظمة التثبيئية التعايشية للأزوت، حيث تتراوح درجات الحرارة في المناطق المدارية في الطبقة السطحية من التربة من (65-70)° ويمكن أن تصل إلى (50)° على عمق (5)سم، وتعد درجات الحرارة هذه كافية لتثبيط نمو البذور وقتل عدد من البكتيريا. ويؤدي ارتفاع درجات الحرارة بشكل عام إلى:

- زيادة الشدة التنفسية للنبات مما يضعف عملية التركيب الضوئي مما يخفض ورود الكربون إلى العقد الجذرية.
- ضعف نمو الجذور حيث تكون الجذور المتشكلة قليلة التفرع ورفيعة وبصورة عامة تؤدي درجات الحرارة المرتفعة إلى ضعف عام في عدد الجذور الجانبية والشعيرات الماصة.
- تحلل سريع للعقد الجذرية وبالتالي قصر مدة تثبيت الآزوت الجوي.

(2) رطوبة التربة:

- الجفاف: يمكن تلخيص أثر الجفاف على أداء الأنظمة التثبيتية التعايشية للآزوت بالنقاط التالية:

- ضعف تشكل الشعيرات الماصة مما يقلل من الإصابة بالريزوبيا.
- فقد الماء من العقد الجذرية وجفافها
- ضعف انتقال مركبات الآزوت من العقد الجذرية إلى النسغ.
- انخفاض القدرة على امتصاص العناصر المعدنية اللازمة لأداء العملية التثبيتية.

- الغرق: يمكن تلخيص الأثر السلبي لكثرة الماء على نمو النبات والبكتريا من خلال الآليات التالية:

- يؤدي انخفاض محتوى الأكسجين في التربة الغدقة إلى تحول الظروف المحيطة إلى ظروف لاهوائية مما يجعل بكتريا الريزوبيا الهوائية غير قادرة على العيش ضمن هذه الظروف.
- يؤدي كذلك انخفاض محتوى التربة من الأكسجين إلى هبوط عملية التنفس مما يضعف نشاط أنزيم النيتروجيناز.
- تستخدم الأحياء الدقيقة في الظروف اللاهوائية أكسجين النترات فيرجع النترات إلى آزوت جزيئي N_2 وفق عملية عكس التأزت مما يخفض من

محتوى الآزوت النتراتي في التربة ويضعف نمو النبات عامة. وقد وجد أن الريزوبيا تقوم بهذه العملية بوجود هذه الظروف.

- يمكن أن يؤدي الغدق إلى تحرر سريع لتراكيز مرتفعة من الحديد والمنغنيز في محلول التربة، ففي أغلب الترب الحامضية يوجد هذان العنصران طبيعياً بصور مؤكسدة غير ذوابة وتعد كاتيونات الحديد والمنغنيز ذات سمية مرتفعة لكل من النبات والريزوبيا إن وجدا بتراكيز مرتفعة في الوسط. ومن الجدير ذكره قد تتعرض النباتات إلى سمية الحديد والمنغنيز حتى في الترب معتدلة الحموضة، وذلك حين تعرضها إلى فترة غدق عابرة جراء العواصف المطرية الحادة .

(3) الإضاءة: يؤثر الضوء على عملية تثبيت الآزوت الجوي من خلال عملية التركيب الضوئي وذلك عن طريق التحكم في تزويد العقد الجذرية بالكربوهيدرات اللازمة لتطور وعمل العقد الجذرية. وهناك علاقة طردية بين الكثافة الضوئية والتعدد وتثبيت الآزوت الجوي، ومن ناحية أخرى فقد تبين أن لطول الموجات الضوئية أثراً واضحاً على تشكل العقد الجذرية في البقوليات. حيث يكون تشكل العقد ضعيفاً في الضوء الأزرق ومرتفعاً في الضوء الأحمر.

(4) الملوحة: تؤثر الملوحة في الأنظمة التثبيتية التعايشية على كل من البكتريا والنبات المضيف. ويتجلى هذا الأثر في النقاط التالية:

- تؤثر الملوحة على نمو النبات وعلى تركيز الكلوروفيل فارفعها يسبب ضعفاً في عملية التركيب الضوئي الضرورية لأداء العملية التثبيتية للآزوت الجوي، إضافة إلى خفض القدرة على امتصاص العناصر الغذائية.

- تؤثر الملوحة مباشرة على نمو الريزوبيم وتشكل وتطور العقد الجذرية.

12-1-6-2- العوامل الكيميائية:

(1) حموضة التربة Soil Acidity: يؤدي انخفاض حموضة التربة إلى مشاكلات تتعلق بالقدرة على المعيشة في ظروف ذات PH منخفض، في حين أن ارتفاع حموضة التربة يؤدي إلى تحرير كميات كبيرة من الألمنيوم في محلول التربة إضافة إلى الحديد والمنغنيز مما يسبب انخفاضاً في إتاحة الفوسفور والموليبدينوم ونقص الكالسيوم في معظم الترب الحامضية.

12-1-6-3- العوامل الحيوية: يتأثر نمو وبقاء الريزوبيم المتعايشة والبكتريا الحرة المثبتة للآزوت الجوي بجملة من العوامل الحيوية ويمكن تلخيصها بالنقاط التالية:

- (1) المنافسة مع أنواع بكتيرية أخرى وفطريات مختلفة على المواد الغذائية.
- (2) تضرر النباتات بالحشرات والأمراض والحيوانات مما يؤثر على نموها وبالتالي انخفاض كفاءة تثبيت الآزوت الجوي بشكل غير مباشر. كما أن بعض الآفات الحشرية لها أثر مباشر على تثبيت الآزوت الجوي من خلال الفتك بالعقد الجذرية كيرقة Sitona.

12-1-7- فقد الآزوت من التربة:

يتعرض الآزوت المضاف إلى التربة إلى تغيرات كثيرة فجزء منه يمتصه النبات بشكل مباشر ويعود جزء منه ثانية إلى التربة كبقايا نباتية، كما يتحول جزء من الآزوت العضوي إلى أشكال معدنية يتحول جزء منها إلى شكل عضوي. ويفقد جزء من الآزوت بالرشح أو بشكل غازات تتطاير في الجو أو بالانجراف الريحي أو المائي، وفيما يلي أهم العوامل التي تسبب فقد الآزوت من التربة:

12-1-7-1- النبتات: يمتص النبتات الآزوت من التربة على صورة نترات (NO_3^-) أو أمونيوم (NH_4^+)، ومع أن أغلب النبتات تفضل الآزوت بصورة نترات وتبلغ كمية الآزوت التي تستنفذها المحاصيل الحقلية من التربة بحدود (100) كغ/هكتار سنوياً وتوصف هذه الكمية بأنها متوسطة وتبلغ نحو (1.4)% من كمية الآزوت الكلي المتوافر في الطبقة السطحية من التربة الزراعية.

12-7-2- الرشح (الغسل): يوجد الشكل المعدني للآزوت المفيد للنبات على صورة أمونيوم ونترات حيث تعد هذه الأخيرة الشكل النهائي للمركبات الآزوتية في التربة، فهي تأتي إليها من إضافة الأسمدة النترائية ومن أكسدة الأمونيوم والمواد العضوية الموجودة فيها.

يتميز الأمونيوم بقابليته للادمصاص بكميات قليلة على غرويات التربة بينما تتميز النترات بأنها غير قابلة للادمصاص مما يجعلها سهلة الذوبان في محلول التربة وبذلك فهي تتحرك مع حركة الماء في التربة متعرضة للرشح مع مياه الصرف وخصوصاً في الأراضي ذات القوام الخشن لضعف قدرتها على الاحتفاظ بالماء.

تتوقف كمية الفاقد من النترات على تركيزها وكمية المياه التي تتلقاها التربة وكذلك على كون التربة مزروعة أو بوراً. ففي الترب التي تحتوي كميات كبيرة من النترات وغير مزروعة وتتلقى كميات كبيرة من المياه يكون الفقد أكبر من تلك التي تحتوي على تراكيز ضعيفة من النترات ومزروعة وتتلقى كمية قليلة من المياه. ويعد فقد النترات بالرشح على درجة كبيرة من الأهمية خاصة في المناطق الرطبة حيث يزداد فقد النترات من الطبقة المستغلة بواسطة جذور النباتات مع زيادة الأمطار مما ينتج عنه قلة إنتاج المحاصيل ويفضل في مثل هذه الحالة إضافة الأسمدة الأزوتية على شكل أملاح أمونيوم

بشرط أن تضاف على شكل شريط أو شكل مركز حول النباتات بدلاً من نثرها على كامل مساحة التربة للتقليل من كمية النترات المغسولة بالرشح.

12-1-7-3- فقد الآزوت بالأشكال الغازية (التطاير): تعد عملية عكس النترجة إحدى الآليات التي يفقد بواسطتها الآزوت من التربة وتحدث عملية عكس النترجة في الأراضي المغمورة بالمياه والمزروعة بالرز لذلك كان تسميد الرز بأسمدة نشادرية (أمونيكاكية) أفضل دائماً من تسميده بأسمدة نتراتية. ويفقد الآزوت على شكل أمونيا من المركبات السمادية المضافة إلى التربة أو من المركبات الناتجة عن تمعدن الآزوت العضوي الداخل تكوين الأسمدة البلدية فعند إضافة أملاح الأمونيوم إلى الطبقة السطحية للتربة تفقد كمية كبيرة من محتواها الآزوتي بصورة أمونيا وخاصة في الترب الكلسية.

12-1-7-4- فقد الآزوت بالانجراف: يؤدي انجراف التربة إلى فقد الكثير من العناصر الغذائية، إلا أن فقد الآزوت يعد الأكثر خطورة بسبب وجوده بكميات كبيرة في الطبقة السطحية. وقد قدر أن فقد الآزوت الناتج عن انجراف التربة يعادل (1.4%) من الآزوت الموجود في الطبقة السطحية للتربة الذي يمكن للنباتات المزروعة أن تمتصه.

12-1-8- تقسيم الأسمدة الآزوتية:

تعتبر الأسمدة الآزوتية أكثر الأسمدة استخداماً، وتنتج بشكل أساسي من غاز الأمونيا NH_3 ، وتوجد الأسمدة الآزوتية على أشكال مختلفة مثل: النشادر اللامائية أو النشادر المائية، أو على شكل أسمدة صلبة مثل: كبريتات الأمونيوم، نترات الأمونيوم، ومركب عضوي يسمى اليوريا. ويزود كل واحد من هذه الأسمدة التربة بكميات كبيرة من الآزوت، وبعضها الآخر مثل كبريتات الأمونيوم وفوسفات الأمونيوم يزود التربة بعناصر أخرى غير الآزوت. ومنه تقسم الأسمدة الآزوتية إلى:

12-1-8-1- الأسمدة النترائية: وهي تحتوي على الآزوت بصورة نترات (NO_3^-)، مثل: نترات الصوديوم ونترات الكالسيوم.

(1) نترات الصوديوم: تعد الرواسب المظمورة تحت سطح الأرض المصدر الأساسي لها، وتستعمل في تسميد مختلف المحاصيل وتعد أفضل سماد نتراتي معروف حتى الآن يتميز من باقي الأسمدة الصناعية باحتوائه على ما لا يقل عن ثلاثين عنصراً من العناصر الصغرى التي يحتاج إليها النبات بكميات ضئيلة جداً والتي تفتقر إليها الكثير من الأراضي الزراعية، والتي ينشأ عن نقصها ظهور كثير من الأعراض المرضية على كل من النباتات والحيوانات النامية عليها.

(2) نترات الكالسيوم: يحضر السماد صناعياً من مفاعلة حمض الآزوت مع كربونات الكالسيوم المطحونة، وتعتبر مادة شربة لامتصاص الرطوبة لذا فإن استعمالها في تسميد الترب الزراعية تعتبر عملية صعبة إلا أن استعمالها في تسميد الترب القلوية يلقي استجابة جيدة لأن الكالسيوم يتبادل مع الصوديوم المدمص ويحسن الخواص الفيزيائية.

12-2-8-1- الأسمدة الأمونياكية: وهي تحتوي على شكل أمونيوم (NH_4^+) مثل: كبريتات الأمونيوم، ونترات الأمونيوم، وكلور الأمونيوم.

(1) كبريتات الأمونيوم $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$: وهي تعد سماداً حامضياً التأثير حيث يتم امتصاص أيون النشادر ويبقى أيون الكبريتات الذي يتحد بالهيدروجين مكوناً حمض الكبريت في المحلول الأرضي وتعد هذه الخاصية غير مستحبة في الأراضي الحامضية.

(2) كلور الأمونيوم: يعد هذا السماد من أرخص الأسمدة الآزوتية ويحضر بمعاملة الأمونيوم بحمض كلور الماء وتكون نسبة الآزوت فيه عالية قليلاً تصل إلى (24)% ويكون بالكامل على صورة أمونيا. يحضر هذا السماد

على صورة حبيبات سهلة النثر وتتميز بقلّة ثمنها، ويعد هذا السماد حامضي التأثير لذلك تفضل إضافته للأراضي التي تميل إلى القلوية.

12-1-8-3- الأسمدة النترائية الأمونياكية: يكون نصف الآزوت بهذه الأسمدة بصورة نترات بينما يوجد النصف الآخر على صورة أمونيوم وتشمل:

نترات الأمونيوم، نetro كبريتات الأمونيوم، النetro تشوك، النetro جبس، كالنetro. (1) نترات الأمونيوم: تحتوي نترات الأمونيوم النقية على (35%) أزوت بينما تتراوح نسبته في السماد التجاري بين (32.5 - 33.5)% نصفها على صورة نترات والنصف الآخر على صورة أمونيوم، ويحضر هذا السماد بإمرار غاز الأمونيا في حمض الآزوت. لا يترك هذا السماد أي أثر تراكمي في الأرض عند استعماله وذلك لأن النبات يمتص كلا شقيه، وبذلك فإن هذا السماد يعد أكثر الأسمدة الآزوتية مفعولاً نظراً لطبيعة تركيبه وسرعة ذوبانه في الماء.

(2) نetro كبريتات الأمونيوم: تتراوح نسبة الآزوت في هذا السماد بين (26.5 - 27.5)%, ويتميز بأنه يتميع بكميات قليلة جداً فقط إذا عرض للجو الرطب لمدة طويلة إلا أنه يتحول إلى كتل كبيرة عند خزنه لمدة طويلة كما أنه يتميز كذلك بعدم ميله إلى الانفجار.

(3) النetro تشوك (نترات الأمونيوم الجيري): يحضر بخلط نترات الأمونيوم مع الحجر الجيري ويحتوي هذا السماد على (15.5)% أزوت نصفه على صورة نترات والنصف الآخر على صورة أمونيوم. ويصنع هذا السماد بكميات كبيرة وذلك بخلط نترات الأمونيوم بالحجر الجيري. للتقليل من امتصاص الماء والانفجار للنترات الأمونيوم عند تخزينها بصورة منفردة.

(4) النetro جبس: يحضر بخلط نترات الأمونيوم مع الجبس، ولهذا السماد ميزتان هما:

- عدم ميل الأمونيوم للتطاير بفعل كربونات الكالسيوم.

- يحتوي على الجبس الذي يستخدم لمعالجة الأراضي القلوية.

(5) **الكالنترو:** يحضر هذا السماد بصهر نترات الأمونيوم ثم خلطها بكميات الكالسيوم ثم دفع هذا الخليط عبر ثقب ضيقة تؤدي إلى إنتاج هذا السماد على شكل حبيبات صغيرة تحتوي على (21)% أزوت نصفها نتراتى ونصفها الآخر نشادري، ويشبه النتروشوك في جميع خواصه وطرائق استعماله.

12-1-8-4- الأسمدة الأميدية: يكون معظم الأزوت الموجود فيها على

صورة الأميد وتشمل: اليوريا $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ، سيانيد الكالسيوم CaCN_2 .

(1) **اليوريا:** هي عبارة عن أمونيا مع غاز ثاني أكسيد الكربون بنسبة (1:2) مع التسخين تحت ضغط عالٍ، ويحتوي على (46)% من الأزوت في صورة أميد سريع الذوبان في الماء الذي يعد صالحاً لتغذية النبات.

(2) **سيانيد الكالسيوم:** يطلق عليه اسم سيانية الجير ويحتوي على (14 - 21)% أزوت ويستعمل قبل الزراعة بنحو أسبوع لتفادي أثره السام الذي قد يحدثه في بعض الأحيان. من أهم عيوب سيانيد الكالسيوم شدة نعومته وخفه وزنه مما يسبب سهولة تطايره وبالتالي إصابة العمال الذين يقومون بنثره بتهيج في أغشية الأنف والحنجرة، كما أنه يتأثر كثيراً برطوبة الجو وثاني أكسيد الكربون مما يزيد من أثره السمي. يعد سيانيد الكالسيوم سماداً قلوي التأثير يتميز برخص ثمنه، الأمر الذي ساهم في كثرة تداوله سابقاً.

(3) **كالليوريا:** الغرض منه الجمع بين عنصري الأزوت والكالسيوم الذائب وتقليل درجة تركيز أزوت اليوريا، وهو يحتوي (34)% أزوت على صورة نترات والباقي على صورة أميد ويحتوي على (14)% أكسيد الكالسيوم.

12-1-9- شروط استعمال الأسمدة الآزوتية:

إضافة إلى الأسمدة العضوية التي تمت التربة خلال عمليات التسميد (التمعدن) بكميات وافرة من الآزوت النتراتي فإن هناك أسمدة صناعية تقدم الآزوت على صورة نترات، أمونيا، أميدات وهذه الأسمدة بصورة عامة تنوب بكميات كبيرة في محلول التربة وجميعها تفيد النبات عاجلاً أم آجلاً ولا يخلو استعمال هذه الأسمدة من بعض الآثار الجانبية على كل من التربة والنبات وسوف نعرض في ما يلي أهم نتائج الدراسات والأبحاث المنفذة بغرض تقويم فعالية المصادر المختلفة للأسمدة الآزوتية:

(1) يؤدي الاستعمال المستمر للأسمدة الآزوتية ذات الأثر الحامضي في تسميد الترب الحامضية مثل كبريتات الأمونيوم إلى زيادة الحموضة أي انخفاض PH التربة وبالتالي انخفاض إنتاجيتها. ويمكن إضافة مركبات كيميائية ذات تأثير قلوي بكميات كافية كالجير لمعادلة الحموضة الناتجة.

(2) لا يتأثر PH التربة باستعمال الأسمدة الآزوتية ذات الأثر القلوي بشكل معتدل في الأراضي الحامضية، كما أن تأثيرها قد يكون إيجابياً لأنه يزيد من نسبة التشبع بالقلويات (كالسيوم، مغنيزيوم، بوتاسيوم، صوديوم.....)، إلا أن الاستعمال المستمر للأسمدة ذات الأثر القلوي وبكميات كبيرة يمكن أن يؤدي إلى ارتفاع PH التربة وبالتالي إلى زيادة قلويتها والإساءة إلى الخواص العامة للتربة.

(3) يكون فقد الآزوت بالرشح عند استعمال أسمدة نتراتية أكبر منه عند استعمال أسمدة أمونياكية لأن شاردة الأمونيوم NH_4^+ قابلة للإمصاص على غرويات التربة بعكس شاردة النترات NO_3^- . وتتفاوت كمية فقد الآزوت بحسب قوام التربة حيث يكون الفقد أكبر في الترب الخفيفة (الرملية) مقارنة بالترب الثقيلة (الطينية)، وبصورة عامة يجب تقدير كمية الفقد بالرشح أو

بالتطابير عند حساب كمية السماد الواجب إضافتها للتربة علماً أن الفقد عند استعمال أسمدة نتراتية أو نشادرية قد يكون متقارباً إذا كانت الظروف مناسبة جيداً لعمليات أكسدة الأمونيوم وتحويله إلى نترات.

4) تتحدد أفضلية نوع معين من الأسمدة الآزوتية عن نوع آخر إذا كانت التربة مناسبة لعملية النترجة بالأيون المرافق أو بالعنصر الموجود ضمن الشوائب في السماد، فمثلاً يعد استعمال سلفات الأمونيوم في ترب تفتقر إلى الكبريت إلى جعل المحاصيل المزروعة تستجيب بصورة أفضل إلى هذا النوع من الأسمدة الآزوتية مقارنةً بغيرها من الأسمدة الآزوتية التي لا تحتوي على السلفات، كما أن استعمال هذا السماد يعدل حموضة الترب القلوية مما يعطي نتائج جيدة في الترب الكلسية.

5) تؤدي إضافة بعض الأنواع من الأسمدة الآزوتية مثل: الأمونيا اللامائية، الأمونيا السائلة، الأسمدة الآزوتية السائلة، اليوريا، الأسمدة الأمونياكية إلى التربة بصورة غير ملائمة أو إضافتها إلى ترب كلسية أو قلوية إلى فقد بعض من آزوتها، كما يمكن أن يضر وضع هذه الأسمدة بكل من البذور أو الجذور أو البادرات عند وضعها بالقرب منها وذلك بسبب سمية الأمونيا، ويمكن التغلب على ذلك باتباع الطرائق الصحيحة عند إضافة مثل هذه الأسمدة.

6) يؤثر ارتفاع تركيز أيون الأمونيوم وإضافته بصورة مستمرة سلباً في إنتاجية بعض المحاصيل مثل التبغ والبندورة، كما يؤدي ارتفاع تركيزه إلى ارتفاع قلوية التربة وبالتالي زيادة تركيز شوارد النترت (NO_2^-) السامة للنباتات لذلك يفضل في مثل هذه الحالات استعمال الأسمدة النتراتية. والجدير بالذكر أن ارتفاع تركيز أيون الأمونيوم في التربة يمكن أن يكون نتيجة للظروف غير المواتية لعملية النترجة مثل إضافة المبيدات.

12-1-10 - التسميد بالأشكال المختلفة من الآزوت:

نشير فيما يلي إلى بعض نتائج الدراسات المعملية والحقلية التي تناولت استجابة النباتات إلى إضافة الأسمدة الأزوتية (نترات، أمونيوم، يوريا) للتربة المختلفة:

(1) يستطيع النبات عموماً امتصاص الآزوت بصورة نترات أو أمونيوم ويفضل عادة الشكل النتراتي على الرغم من أن الأمونيوم تحت الظروف الحقلية يتحول إلى نترات بواسطة الكائنات الدقيقة الأرضية ولا يوجد فارق بين الأسمدة النتراتية والأمونياكية واليوريا في الأراضي الطينية الغنية بالكالسيوم.

(2) يفضل استعمال السماد الأمونياكي أو الذي ينتج أمونيوم (مثل اليوريا) عند زراعة الرز، وذلك بسبب الغرق الذي يؤدي إلى تحول النترات إلى نترات أو إلى الفقد بالتطاير على صورة آزوت أو إلى الفقد مع ماء الصرف.

(3) يخشى على النترات (وهي سهلة الذوبان ولا ترتبط بسطوح حبيبات الطين بالأرض) من الفقد مع ماء الري في الأراضي الرملية.

(4) لا ينصح باستخدام اليوريا في الأراضي الرملية، وقد يفضل كبريتات الأمونيوم خصوصاً إذا كان المحصول يحتاج إلى ري متقارب.

(5) تشير أغلب الدراسات إلى انخفاض كفاءة كبريتات الأمونيوم في الأراضي الغنية بكاربونات الكالسيوم.

(6) يؤدي استعمال كلور الأمونيوم إلى محصول ذي إنتاجية عالية لا تقل عن إنتاجيته عندما يسمد بنترات الكالسيوم أو كبريتات الأمونيوم في الأراضي الرملية. ومن الواضح أنه لا فارق بين الأمونيوم في كبريتات الأمونيوم أو كلور الأمونيوم كما أن الأراضي الرملية قد تكون فقيرة بالكلور.

(7) يؤدي استعمال هيدروكسيد الأمونيوم مع ماء الري إلى محصول ذي إنتاجية عالية تارة ومنخفضة تارة أخرى، وقد يرجع ذلك إلى طريقة إضافته مع ماء الري التي تؤدي إلى نسبة عالية وغير متساوية من الفقد بالتطاير على صورة أمونيا. وقد تم إدخال هيدروكسيد الأمونيوم ضمن برنامج تجارب التسميد لأنه المركب الذي يتكون عند استعمال الأمونيا المسالة مع ماء الري.

(8) عند تساوي ظروف الاستجابة للأسمدة الآزوتية يصبح سعر (1) كغ من الآزوت في السماد هو العامل المؤثر في اختبار محصول معين، و يتوقف هذا السعر على عدد من العوامل منها نفقات إنتاج السماد والتخزين و النقل والتعبئة.

12-2- الأسمدة الفوسفاتية:

يعد الفوسفات مركباً معدنياً يحتوي على أيون رابع أكسيد الفوسفور (PO_4^{--}) ويقصد بالفوسفات الطبيعية فلز الاباتيت الذي يأخذ الصيغة الكيميائية التالية $Ca_{10}(PO_4)_6F_2$ ويأخذ الفوسفور الرقم الذري (15) ووزنه الذري (30.97) ولا يوجد في الطبيعة في شكله الحر لأنه سريع التفاعل مع الأوكسجين.

يُقاس تركيز الفوسفات بمعرفة نسبة خامس أكسيد الفوسفور (P_2O_5) أو النسبة المئوية لفوسفات ثلاثية الكالسيوم. وتتراوح التركيزات المطلوبة تجارياً بين (30% و 37%) من خامس أوكسيد الفوسفور (P_2O_5).

تطلق كلمة الفوسفات الطبيعية على رواسب الفوسفات التي يمكن تعدينها واستغلالها اقتصادياً بينما يطلق مصطلح الصخور الفوسفاتية على الصخور التي تحتوي على نسب غير عالية من الفوسفات.

توجد معظم صخور الفوسفات في الطبيعة إما بشكل صخور فوسفاتية من أصل رسوبي أو صخور فوسفاتية من أصل ناري أو تكون عبارة عن رواسب الجوانو الناتجة عن تراكم مخلفات الطيور البحرية فوق الصخور الجيرية. وفي سوريا يعد الصخر الفوسفاتي مادة اقتصادية مهمة تستعمل كمادة تصديرية وتصنيعية توجد في العديد من المناطق وخاصة في المنطقة الوسطى حيث يغطي مساحة تقدر بنحو (55) كم². وتتوزع الصخور الفوسفاتية السورية على النحو التالي:

- (1) منطقة غدير الحمل قرب تدمر وتشمل رسوبيات خنيفس والشرقية والإبرر والمركزية والحمل. ويقدر الاحتياطي بحوالي (460) مليون طن.
- (2) منطقة وادي الرخيم شمال المحطة الرابعة لضخ النفط ويقدر الاحتياطي المكتشف والمتوقع بنحو (175) مليون طن.
- (3) منطقة الحباري وبئر السجري ويقدر الاحتياطي بنحو (400) مليون طن.
- (4) منطقة الحفة بالقرب من مدينة اللاذقية ويقدر بنحو (15) مليون طن.

تكون قابلية الصخر الفوسفاتي لإفادة النبات عند استعماله كسماد في حالته الطبيعية محدودة ما لم يُضَف إلى التربة بشكل مطحون وبكميات تزيد على كميات الفوسفور القابل للإفادة الموجودة في الأسمدة الفوسفاتية الأخرى بـ (3-5) مرات. وتعد فائدته ضئيلة تكون محدودة جداً في الأراضي القلوية، وعموماً لا ينصح باستعماله لوحده إلا إذا أضيفت كميات كبيرة من المادة العضوية إلى التربة التي تزيد عن طريق تحللها من قابليته لإفادة النبات. وتتحصر أكثر استعمالات الصخر الفوسفاتي في الواقع في تحضير الأسمدة الأخرى وفي تقوية السماد البلدي الفقير بعنصر الفوسفور وذلك بعد طحنه طحناً ناعماً.

12-2-1- أهمية الفوسفور للنبات:

يحتوي النبات عادة بين (0.05-1%) من الفوسفور، وهو يتركز في البذور وتقل كميته في السوق والجذور، فيما تحوي الأوراق كمية متوسطة منه، ويعد الفوسفور أحد أهم العناصر الغذائية الأساسية لنمو وتطور النبات فهو يلعب دوراً في جميع وظائفه الحيوية ويأتي في المرتبة الثانية بعد الآزوت من حيث كميته في الأنسجة النباتية، وتقدر الكميات التي يحتاجها النبات من هذا العنصر بنحو عشر الكمية التي يحتاجها من الآزوت والبوتاسيوم، وتعد الفترة الحرجة بالنسبة للتغذية بالفوسفور هي الفترة الأولى من حياة النبات.

12-2-1-1- الدور الحيوي للفوسفور في النبات:

(1) يوجد الفوسفور في الأوراق الحديثة بكمية أكبر مقارنة مع الأوراق المسنة.
(2) تعد البذور أغنى أجزاء النبات به ويدخل هذا العنصر في تركيب الفوسفوليبيدات ومركب الفيتين الذي يوجد أساساً في البذرة ويعد مصدر الفوسفور اللازم لنمو النبات في مرحلة البادرة، كما يدخل في تركيب البروتينات النووية التي لها أهمية كبيرة في عمليات التكاثر والانقسام الخلوي أي أنه يدخل في تركيب الكروموزومات لذلك فإن الفوسفور يكون متوفراً في الأنسجة الحديثة.

(3) يعد الفوسفور عنصراً مهماً في عمليات التنفس وله دور في عمليات التحول للكربوهيدرات داخل النبات مثل تحول النشاء إلى سكر، كما يلعب دوراً في تمثيل الدهون ويسرع في عمليات نضج الثمار.

(4) يدخل الفوسفور في تكوين مركبات الطاقة المختلفة واللازمة للنمو وكذلك يزيد من قدرة النبات على مقاومة الإصابة بأمراض تعفن الجذور وذلك لتشجيعه لنمو جذور جديدة غير مصابة.

(5) بعد عنصر الفوسفور كالأزوت جزءاً ضرورياً من عملية التركيب الضوئي حيث يعمل على تخزين الطاقة وتحليلها.

12-1-2- تأثير مركبات الفوسفور في نمو المحاصيل وتطورها:

(1) **تبكير نضج المحصول:** تعمل الأسمدة الفوسفاتية الذوابة على التبكير في نضج المحصول بنحو أسبوعين أو أكثر مما يفسر وجود الفوسفور في البذور بكميات أكبر منها في أي جزء آخر من النبات، فالنباتات لا تنضج ولا تكون بنوراً ما لم تزود به مع الأخذ بعين الاعتبار تأثير كمية مياه الري إذ أن تبكير النضج مع قلة مياه الري يؤدي إلى انخفاض الغلة. ويعد تأثير الفوسفور في التبكير في نضج المحصول بعكس تأثير الأزوت.

وقد لوحظ أن إضافة الفوسفور للنباتات في بدء نموها ومن ثم منعه عنها بعد ذلك سيؤدي إلى سحب الفوسفور من الأوراق القديمة إلى النموات الجديدة للفوسفور مما يؤدي إلى جفاف الأوراق القديمة وموتها، كما أن عدم وجود الفوسفور أو نقصه سينشأ عنه نباتات ضعيفة السوق والجذور والثمار وقليلة الأزهار.

(2) **تشجيع نمو الجذور:** يشجع التسميد بفوسفات ذوابة على نمو جذور النباتات وبالتالي زيادة كل من مادتها الجافة وسطح امتصاصها الكلي فيها وخاصة في النباتات التي تعد جذورها أنسجة تخزين، بينما يؤدي نقصه إلى ضعف نمو الجذور وبالتالي صغر سطحها الكلي للامتصاص مما يؤدي إلى إنتاج نباتات ضعيفة. ولذلك تستعمل الأسمدة الفوسفاتية في الحالات التي يصعب فيها على الجذور اختراق التربة بسبب اندماجها.

(3) **تأثير الفوسفور على النمو الخضري للمحصول:** يزيد الفوسفور من إسطاءات محاصيل الحبوب ويساعد على نمو النباتات في حداثة سننها مما يؤدي إلى تكوين نباتات ذات سيقان وقش صلب، الأمر الذي يقلل من تعرض

النبات للرقاد. كذلك تؤدي زيادة الفوسفور إلى زيادة نسبة الحبوب إلى القش وبالتالي أي أنه يعمل على مقاومة غزارة النمو الخضري بعكس تأثير الآزوت. كما يعمل الفوسفور على زيادة عملية الإخصاب في الذرة عن طريق زيادة حيوية حبوب اللقاح، ونظراً لاحتواء كثير من أنواع البروتين على الفوسفور فإنه يكثر حيث يكثر وجود البروتين ولذا فهو يكثر في حبوب النجيليات وبذور البقوليات عنه في قش هذه المحاصيل.

أما بالنسبة لمحاصيل الحبوب التي تعاني من النقص في عنصر الفوسفور فإن نموها سيتأخر وستتحول أوراقها إلى اللون الأخضر الرمادي وسيقل عدد الإشتاءات الحاملة للسنابل.

(4) خفض محتوى الحبة من المواد الآزوتية: يؤدي استعمال مقدار كبير من الفوسفات الصالح لتسميد الحبوب إلى خفض كمية الآزوت في الحبوب وبالعكس فإن استعمال مقدار زائد من السماد الآزوتي يخفض من محتوى الفوسفور في هذه الحبوب.

(5) رفع مواصفات غلة المحصول: يؤدي انخفاض مقدار الفوسفور في التربة نسبةً إلى الآزوت مع وجود ظروف تربة ومناخ مناسبين للنمو البطيء إلى التأخير في نضج القمح والشعير والحصول على غلة أقل من المعتاد ذات حبوب ضامرة وخفيفة مع بقاء نمو السوق والأوراق عادياً. أما وفرة الفوسفور في التربة مع توافر ظروف تربة ومناخ مناسبين للنمو فإنه يؤدي إلى التبكير في نضج القمح والشعير والحصول على حبوب ثقيلة وغلظة بشرط توافر العناصر الغذائية الأخرى.

(6) فائدة إضافة الفوسفات الطبيعية للترب الحامضية: يمكن للفوسفات الطبيعية المطحونة المضافة للترب الحامضية أن تحرر أيونات الفوسفات إلى محلول التربة، في حين لا تستطيع الترب الكلسية والقاعدية أن تحل هذه الفوسفات.

7) تأثير الفوسفور في استفادة النبات من العناصر المغذية الأخرى: تقتصر استفادة النبات من الآزوت في التربة وما يضاف إليها من أسمدة آزوتية بوجود الأسمدة الفوسفاتية. كما ثبتت ضرورة وجود عنصر الفوسفور في امتصاص النبات للبتاسيوم.

12-2-1-3- أعراض نقص الفوسفور:

- 1) ضعف ملحوظ في نمو النبات إذ يلاحظ تقزم حجم النبات في محاصيل الحبوب والدرنات والجذور والقطن والفصة.
- 2) تفقد الأوراق لونها الطبيعي اللامع وتكتسب لوناً فضياً مخضراً معتماً بينما تأخذ قمة الورقة وحوافها اللون القرمزي أو البرونزي، وفي حال كان الآزوت متوافراً بشكل كبير فإن أوراق النباتات تأخذ لوناً أخضر مزرقاً قاتماً.
- 3) تطاول وصغر حجم الأوراق.
- 4) انخفاض عقد الأزهار ونقص في تكوين البزاعم الثمرية.
- 5) تأخر نضج النباتات فتبقى خضراء وطويلة أحياناً ذات شكل مغزلي.
- 6) تشوه شكل الثمرة، وفي محاصيل الحبوب يسوء شكل الحبوب فلا تمتلئ بالغذاء كما يجب.
- 7) انخفاض سماكة نمو الخشب وقلة تفرعه وتشكل الفروع زوايا حادة.
- 8) يقل الإثمار وينخفض الإنتاج.
- 9) احتراق حواف الأوراق القديمة.

12-2-2- وجود الفوسفور في التربة:

يتوافر الفوسفور في التربة بكميات قليلة وهو يُعد عنصراً متحركاً ضمن النبات قليل الحركة في التربة وذلك بسبب انخفاض ذوبانه في الماء أو المحلول الأرضي إذ يوجد مدمصاً على سطوح غرويات التربة ويكثر وجوده على حبيبات التربة الدقيقة مقارنة بالحبيبات الخشنة الأمر الذي يؤدي إلى اختلاف

سلوك الأسمدة الفوسفاتية عن الأسمدة النيتروجينية والبوتاسية في تسميد الترب وخاصة الكلسية منها.

12-2-2-1- العوامل المؤثرة على كمية الفوسفور في التربة:

(1) الصخرة الأم: تحوي الترب الناشئة على الصخور الكلسية كمية من الفوسفور تفوق الكمية الموجودة في الترب الناشئة عن صخور حامضية غير كلسية، ويعود ذلك إلى احتواء الصخور الكلسية غالباً على بقايا حيوانية تحوي الفوسفور والكالسيوم.

(2) المادة العضوية: وهي تعمل على زيادة الفوسفور الكلي في التربة.

(3) امتصاص النبات: يعمل امتصاص النباتات للفوسفور على زيادة تركيزه على السطح.

(4) الظروف المناخية: وهي تعمل على زيادة حركة الفوسفور في قطاع التربة إذ يكون تركيزه في الطبقات العميقة من التربة أعلى من تركيزه في سطحها.

12-2-2-2- أشكال الفوسفور في التربة:

يوجد الفوسفور في التربة على شكل مركبات عضوية أو مركبات معدنية (غير عضوية) حيث تعمل أحياء التربة الدقيقة على تحويل الفوسفور العضوي إلى فوسفور غير عضوي كما تمتلك النباتات القدرة على امتصاص المركبات الفوسفورية غير العضوية وتحويلها إلى مركبات عضوية ليتم استعمالها في النمو وفي تكوين البذور وإنباتها.

(1) الفوسفور العضوي: تتراوح نسبته بين 3% إلى 75% من كمية الفوسفور الكلي الموجود في التربة، يوجد على صورة Phytine و أحماض نووية ولبيدات فوسفورية phospholipids.

(2) الفوسفور غير العضوي: تتراوح نسبته بين 25% إلى 97% من الفوسفور الكلي.

- (3) فوسفات الترب الحامضية: تشمل الأملاح الفوسفاتية لكل من الحديد والالمنيوم، وهي مركبات غير ذوابة وغير قابلة لإفادة النبات.
- (4) فوسفات الترب الكلسية والدولوميتية: تشمل الأملاح الفوسفاتية لكل من الكالسيوم والمغنسيوم وهي مركبات غير ذوابة وغير قابلة لإفادة النبات

12-2-3- قابلية إفادة الفوسفور للنبات:

تتوقف إفادة النبات من عنصر الفوسفور على كمية ما هو متوفر منه في المحلول الأرضي وليس على كميته الكلية (المعدنية والعضوية) الموجودة في التربة لأن أغلب المركبات الفوسفورية تكون بأشكال غير قابلة لإفادة النبات في الظروف الحالية للتربة، لذلك لابد من إضافة الأسمدة الفوسفاتية الذوابة كي تمد محلول التربة بكمية كافية من أيونات الفوسفات.

تستطيع النباتات امتصاص الفوسفور اللازم في وجود المادة العضوية أو بقايا نباتية على شكل فوسفات أحادية ($H_2PO_4^-$) التي تعد الشكل الرئيسي الممتص من قبل النبات أو على شكل فوسفات ثنائية (HPo_4^{--}) إلا أن جزءاً كبيراً من الفوسفور يتم تثبيته في التربة على شكل فوسفات ثلاثي الكالسيوم الذي يعد مركباً غير قابل لإفادة النبات.

يتأثر امتصاص النبات للفوسفور ببعض العناصر الغذائية الأخرى إذ أن إضافة المغنزيوم تزيد من امتصاص النبات للفوسفات وانتقاله داخل النبات، بينما يكون الأمر على العكس من ذلك بالنسبة لكل من أيونات الكلور والنترات.

12-2-3-1- أنواع شوارد الفوسفات بحسب قابليتها لإفادة النبات:

(1) فوسفات ذائبة في محلول التربة: يستطيع النبات امتصاصها متى سمحت الظروف الكيميائية بذلك وهي تقع بين 0.1-1 ملغ P_2O_5 / لتر من محلول التربة. يتم تعويض ما يفقد منها عن طريق المدمص منه على غرويات

التربة أو عن طريق تحرير بعض الفلزات الحاوية على الفوسفات، وبصورة عامة لا تحوي التربة تراكيز عالية من الفوسفات الذائبة.

(2) فوسفات متبادلة: وهي الفوسفات المدمصة على هيدروكسيدات الحديد والألمنيوم أو المرتبطة مع فلزات الطين والذبال ويستفيد منها النبات.

(3) فوسفات متبادلة بصعوبة: هي الفوسفات المرتبطة على هيدروكسيدات الحديد والألمنيوم والمنغيز، وهي تثبت بقوة أكبر من القوة التي تثبت بها فلزات الطين.

(4) فوسفات مرتبطة: المرتبطة مع الحديد والألمنيوم في الترب الحامضية ومع الكالسيوم في الترب الكلسية. تتوقف إفادة النبات من هذه الفوسفات على تغير PH الوسط وكمية المادة العضوية ونشاط التربة البيولوجي.

12-2-3-2- العوامل المؤثرة على درجة استفادة النبات من الفوسفور:

(1) نوع معدن الطين: يتم تثبيت الفوسفور في الأراضي الطينية أكثر من الرملية.

(2) درجة حموضة التربة: تصل أعلى درجة صلاحية للاستفادة من الفوسفور في الترب التي تتراوح حموضتها بين 6 إلى 7.5 ويبين الجدول (1-12) تأثير PH التربة على تيسر الفوسفور في التربة وبالتحديد على شكل وجود شوارد الفوسفور فيها:

جدول (1-12): تأثير PH التربة على وجود شوارد الفوسفور فيها

PH	$H_2PO_4^-$	HPo_4^-	PO_4
4	أعلى تركيز	صفر	-
7.2	يساوي	يساوي	-
9	صفر	أعلى تركيز	-
10	-	موجود	موجود

(3) كمية المادة العضوية: يزيد غاز CO_2 المنطلق من تحلل المادة العضوية من قابلية الفوسفور للإفادة.

(4) يعد الفوسفور من العناصر الأساسية للنبات ويمتص على صورة (PO_4^-) ويدخل مباشرة في عملية التمثيل الغذائي دون الحاجة إلى اختزال.

12-2-4- سلوك الفوسفات وتفاعلاته في التربة:

12-2-4-1- تثبيت الفوسفات في التربة:

يطلق على عملية تحويل الفوسفات من الشكل القليل الذوبان إلى شكل أقل ذوباناً عملية تثبيت الفوسفات Phosphate Fixation وهي تعد ذات فائدة لمنع الفوسفات من الرشح والضياع مع مياه الصرف ولكنها غير ذي فائدة للنبات لأن الفوسفات تصبح غير قابلة لإفادة النبات مباشرة ويصبح دخولها إلى منطقة الجذور عند إضافتها إلى سطح التربة بطيئاً جداً وبالمقابل فإن تحويل الفوسفات المثبة إلى فوسفات أكثر ذوباناً عملية معقدة.

وكمثال على عملية تثبيت الفوسفات تحويل فوسفات الكالسيوم الأحادية إلى فوسفات كالسيوم ثنائية أو تحول فوسفات الكالسيوم الأحادية أو الثنائية إلى فوسفات ثلاثية الكالسيوم.

تتوقف طبيعة المركبات الناتجة عن التثبيت على نوع التربة والظروف السائدة فيها، كما تختلف الأراضي في تثبيت الفوسفات حسب كمية المادة العضوية فيها ورقم PH الخاص بها وكميات الكالسيوم والمغنيزيوم الذائبة أو كميات الحديد والألمنيوم القابلة للتفاعل فيها، حيث تتحول الفوسفات المضافة إلى التربة إلى مركبات كالسيوم ومغنيزيوم أو مركبات حديد وألمنيوم أو قد تتحد مع المادة العضوية أو تستعمل من قبل الكائنات الحية الدقيقة.

بناءً على ما سبق فقد وجد أن النبات يستطيع أن يستفيد من الفوسفات إذا أضيف بجانب البذور ككنل أكثر مما لو نثرت على الأرض لأن تماسها مع التربة في الحالة الأولى يكون أقل مما لو نثرت.

12-2-4-2- تحلل الفوسفات غير العضوية في التربة:

تحتوي التربة على مجموعة صيغ فوسفورية لا عضوية غير قابلة للانحلال كفوسفات الكالسيوم الذي يسود في الترب المعتدلة والقلوية حيث تدخل هذه المركبات في عداد الأملاح التي لا يستفيد منها النبات أو أن فائدتها قليلة جداً، ويمكن تحويل الفوسفات غير العضوية إلى فوسفات عضوية بواسطة مايلي:

- (1) مجموعة من البكتريا والفطور التي تستطيع تحويل هذه المركبات إلى صيغ قابلة للانحلال.
- (2) تحول غاز CO_2 الناتج عن عمليات التنفس وعن تحلل المواد العضوية في التربة وبوجود الماء إلى حمض الفحم الذي بدوره يحل الفوسفات.
- (3) الحموض العضوية الكيتونية الناتجة عن عملية الأكسدة غير التامة أو عمليات تخمر المركبات الكربوهيدراتية التي تحلل الفوسفات في التربة.
- (4) الحموض الآزوتية الناتجة عن عمليات التآزت.
- (5) حمض الكبريت الناتج عن أكسدة الكبريت.

12-2-5- حركية الفوسفات في التربة:

هنالك مجموعة من العوامل التي تؤثر في حركية الأسمدة الفوسفاتية،

و يمكن إيجازها بالنقاط التالية:

- (1) حموضة التربة PH: توجد علاقة وثيقة بين شوارد الفوسفات و PH التربة، وعلى ذلك توجد شوارد الفوسفات في التربة بأشكالها الثلاثة وفقاً لدرجة حموضة التربة. يبين الجدول (1-12) أنه ضمن مجال حموضة التربة

المتراوحة بين (4-9) توجد شوارد الفوسفات الأحادية وثنائية التكافؤ، ويبلغ تركيز شاردة الفوسفات أحادية التكافؤ ($H_2PO_4^-$) أعلى تركيز لها عند $PH=4$ وينخفض تركيزها بارتفاع درجة الـ PH حتى يصل إلى الصفر عند $PH=9$.

(2) الحديد والألمنيوم والمغنزيوم: توجد هذه العناصر ذائبة في محلول التربة الحامضية وهي تتفاعل مباشرة مع شوارد الفوسفات الأحادية ($H_2PO_4^-$)، التي تتفاعل أيضاً مع الأكاسيد المائية لهذه العناصر مثل الليمونيت والغوتيت لتكون هيدروكسي فوسفات نوع من فاريست في حالة الألمنيوم ومن نوع سترنجيت في حالة الحديد. يمكن تحرير الفوسفات المثبتة في هذه الحالة بإضافة الهيدروكسيدات بهدف رفع PH التربة.

(3) الكالسيوم والمغنزيوم في التربة الكلسية: تتفاعل شوارد الفوسفات مع هذه العناصر أو مع كربوناتها (الكالسييت $CaCO_3$ ، الدولوميت $Ca Mg (CO_3)_2$) وتكون نواتج التفاعلات غنية بالكالسيوم أو المغنزيوم وهي غير قابلة لإفادة النبات.

(4) فلزات سيليكات الطين: يمكن ترتيب بعض فلزات الطين بحسب قدرتها على تثبيت الفوسفات حيث يعد إيليت أقل من الكاولينت وهذا بدوره أقل من المونتموريونيت. ويعتقد أن هذا التثبيت يحدث بتبادل مجموعات الهيدروكسيل (OH^-) في الفلز مع أيونات الفوسفات عند انخفاض PH التربة.

(5) المادة العضوية ومستوى الرطوبة: تتكون المادة العضوية من الأحماض الهيومية أو الشوارد مثل $Fe(OH_3)^{-2}$ ، $Al(OH)^{+2}$ التي تكون مركبات معقدة ترسب معها أيونات الفوسفات.

12-2-6- أنواع الأسمدة الفوسفاتية:

12-2-6-1- أنواع الأسمدة الفوسفاتية بحسب تركيبها الكيميائي:

(1) السوبر فوسفات البسيط أو العادي: يصنع هذا السماد من تفاعل الخام الفوسفاتي بحمض الكبريت.

(2) السوبر فوسفات المركز: من تفاعل الفوسفات الخام مع حمض الكبريت وحمض الفوسفور.

(3) السوبر فوسفات النشادري: وهو سوبر فوسفات عادي معامل بالنشادر ويحتوي على نسبة بسيطة من الآزوت.

(4) النيترو فوسفات: وهو محضر بمعاملة الفوسفات الخام بحمض الآزوت ويحتوي على فوسفور وآزوت ويضاف له أحياناً أملاح البوتاسيوم. تحتاج طريقة صناعة هذا السماد إلى عناية أكبر وعلى العموم فإن مفعولها يعادل $\frac{3}{4}$ مفعول السوبر فوسفات.

(5) السيليكوفوسفات: وهي فوسفات خام مصهورة مع سيليكات بعض المعادن أو بدونها وهي قابلة للذوبان في حمض الستريك أو سترات النشادر. فائدتها تعادل فائدة السوبر فوسفات في التربة الحامضية أما في الترب القليلة الحموضة والقلوية فيكون تأثيرها أقل من السوبر فوسفات.

(6) الخبث الفوسفوري: وهو ناتج من أفران الصلب ويشبه الفوسفات المصهور وهو قابل للذوبان في حمض الستريك.

(7) الفوسفات الخام: يعد عديم الفائدة وبعض أنواعه تكون ذات فائدة قليلة في الأراضي الحامضية وهو يستعمل أحياناً مطحوناً لدرجة نعومة معينة.

(8) فوسفات ثنائية الكالسيوم: تعادل فائدتها فائدة السوبر فوسفات عند زراعة البطاطا في التربة الحامضية أما في الترب المنخفضة الحموضة والقلوية فيكون تأثيرها أقل من السوبر فوسفات.

12-2-6-2- أنواع الأسمدة الفوسفاتية بحسب درجة ذوبانها في الماء:
تقسم الأسمدة الفوسفاتية بحسب درجة ذوبانها في الماء إلى مجموعتين،
الجدول (2-12):

جدول (2-12): أنواع الأسمدة الفوسفاتية بحسب درجة انحلالها بالماء

السماذ	P ₂ O ₅ %	السماذ	P ₂ O ₅ %
حمض الفوسفور 75%	54.3	نيتريك فوسفات	45.0
فوسفات أحادي البوتاسيوم	51.1	تربل فوسفات الكالسيوم	40.0
فوسفات ثنائي البوتاسيوم	41.0	سوبر فوسفات عادي	20.0
فوسفات أحادي الأمونيوم	48.0	صخر الفوسفات	20.0
فوسفات ثنائي الأمونيوم	46.0		

12-2-7- أهم الملاحظات المتعلقة بالتسميد الفوسفاتي:

(1) الكمية المناسبة: يعد تحليل التربة الدليل لإضافة السماذ الفوسفاتي وبالكمية المتناسبة منه مع حاجة المحصول والإنتاج المتوقع. فإذا كان الفوسفور في التربة ضمن الحدود الدنيا أي عندما تكون التربة فقيرة به فإننا نسمد بنفس المقادير السابقة اللازمة لحاجة المحصول مع زيادة كميته بنسبة 25%، أما إذا أظهر التحليل أن التربة غنية به فيمكن التوصية بالإقلال من كمية السماذ الفوسفاتي أو الاستغناء عنه نهائياً.

(2) موعد الإضافة المناسب: أما موعد إضافة السماذ الفوسفاتي فيكون قبل الزراعة ومع الفلاحة الأخيرة مع طمرها بعمق يقرب من عمق الجذور نظراً لبطء حركة الفوسفور في كافة أنواع الأراضي عدا الرملية التي تضاف إليها الأسمدة الفوسفاتية بعد الزراعة نظراً لحركة الفوسفور فيها مع الماء.

(4) يضاف السماذ الفوسفاتي مع السماذ العضوي إن أمكن.

(5) يتراوح مقدار ما يأخذه المحصول بعد إضافة السماد الفوسفاتي بين (5-20) %.

(6) تضاف الأسمدة الفوسفاتية تكبيشاً على خطوط، إذ [II] إضافة السماد المحبب ^{نقر} الذي يحوي نسبة مرتفعة من P_2O_5 القابل للذوبان بالماء أفضل من إضافة السماد الناعم على كامل كتلة التربة.

(7) تقل فعالية الأسمدة الفوسفاتية ضعيفة الذوبان بالماء كلما زاد حجم حبيبات السماد المستخدم لذلك يفضل إضافته على شكل مسحوق ناعم.

(8) يتأثر امتصاص شوارد الفوسفات ببعض العناصر الغذائية الأخرى مثل المغنزيوم الذي يزيد من امتصاص النبات للفوسفور بينما يكون العكس بالنسبة للكلور والسلفات، لذا لا يمكن الحصول على أقصى استجابة من المحاصيل لإضافة الأسمدة الفوسفاتية سواءً كانت قابلة أم غير قابلة للذوبان في الماء ما لم تتوافر كميات كافية من العناصر الغذائية الأخرى.

(9) تحتاج المحاصيل السريعة النمو ذات الموسم القصير أو المحاصيل التي تتصف بمجموع جذري محدود إلى سماد فوسفاتي يحتوي على نسبة عالية من الفوسفات القابل للذوبان بالماء لبلوغ أقصى إنتاج لها. فمثلاً مع محاصيل الخضر يستخدم حمض الفوسفور مع مياه الري كمصدر أساسي للفوسفات اللازم لنموها، فهو يتميز بسهولة ذوبانه واحتوائه على تركيز عالٍ من الفوسفات بسبب تأثيره على خفض رقم pH مياه الري، وبالمقابل يفضل عدم استخدام الصخر الفوسفاتي مع التربة قبل زراعة محاصيل الخضر لأنها تحتاج إلى معدل انطلاق سريع للفوسفات في صورة ميسرة للنبات الأمر غير المتوافر في الصخر الفوسفاتي الذي يعد معدل تيسر الفوسفات منه بطيئاً جداً.

(10) إن استعمال الأسمدة الذوابة بدرجة عالية مرغوب لتشجيع النمو المبكر في المحاصيل صغيرة الحب المستعملة للمراعي أو لدفع النمو في الذرة. وليس لهذا النوع من الأسمدة أهمية كبيرة بالنسبة للمحاصيل ذات الموسم الطويل أو النباتات المعمرة ذات المجموع الجذري الكبير إذا كانت درجة ذوبانه عالية أكبر من 60%.

(11) تعطي الأسمدة الفوسفاتية المحببة القابلة للذوبان في الماء بدرجة عالية نتائج جيدة عموماً عند إضافتها إلى الأراضي الكلسية، غير أنه أمكن ببعض التجارب الحصول على نتائج أفضل عند خلط هذه الأسمدة مع التربة. أما الأسمدة الفوسفاتية القليلة الذوبان في الماء فتعطي أفضل النتائج في الأراضي الكلسية عند إضافتها بشكل مطحون وخلطها جيداً بالتربة.

(12) إن النتائج المتأتية من استعمال فوسفات الأمونيوم الأحادية في الأراضي الكلسية أفضل من تلك المتأتية من استعمال فوسفات الأمونيوم الثنائية رغم أن كلا من السمادين قابلان للذوبان في الماء.

12-3- الأسمدة البوتاسية:

يأتي عنصر البوتاسيوم في المرتبة السابعة من المواد المكونة للقشرة الأرضية حيث يشكل (2.4%) من مكونات القشرة الأرضية ويدخل في تركيب الفلدسبارات والميكا البيضاء والغرانيت وفي تركيب بعض فلزات الطين مثل الأيليت، كما أنه يدمص ويثبت بواسطة فلزات الطين خاصة الفلزات من فئة 10 أنغستروم، كما يوجد بالمركبات العضوية بنسبة (0.1%).

12-3-1- أهمية البوتاسيوم للنبات:

يُعد البوتاسيوم عنصراً من أكبر ثلاثة عناصر مغذية للنبات، حيث يمتص بواسطة النباتات على صورة K^+ بكمية تفوق بقية العناصر عدا الآزوت والكالسيوم في بعض الأحيان حيث يوجد دائماً على هيئة مركبات غير عضوية ذائبة تستطيع أن تتحد بالأحماض العضوية.

يسمى البوتاسيوم بعنصر النوعية أي أنه أكثر العناصر المؤثرة في مواصفات المحصول الإنتاجية الجيدة، إلا أنه وبالعكس العناصر الكبرى الأخرى لا يدخل في تركيب أي مركب عضوي فيها فهو يلعب دور الوسيط في العديد من التفاعلات داخل النبات دون أن يدخل فيها مثل تكوين الكربوهيدرات وما ينشأ عنها من مركبات أخرى وتنظيم محتويات الخلية من الماء كما يساعد في عملية تكثيف المركبات البسيطة إلى مركبات معقدة إضافةً إلى تنشيط عمل الأنزيمات.

يوجد البوتاسيوم في جميع أجزاء النبات بكميات كبيرة، ويتركز وجوده على وجه الخصوص في الأعضاء الحديثة السن النشيطة النمو وخاصة البراعم والأوراق الصغيرة وقمم الجذور وخصوصاً في سائل الخلية والسيتوبلازم، في حين أن تركيزه ينخفض في البذور والأنسجة الناضجة، وينتقل البوتاسيوم بحرية تامة خلال الأنسجة؛ ولذلك يستطيع النبات أن يُعيد استخدامه مرة أخرى بانتقاله من الأنسجة القديمة إلى الأنسجة النامية.

تفوق كميات البوتاسيوم الممتصة من جذور بعض النباتات مثل والشوندر السكري والخضراوات وثمار الأشجار المثمرة الكميات الممتصة من الفوسفور.

12-3-1-1- أهم وظائف عنصر البوتاسيوم ضمن النبات:

يلعب البوتاسيوم دوراً كبيراً في حياة النبات وإن كان لا يدخل في تركيب المركبات العضوية فيه، ويعد دوره أساسياً في الكثير من العمليات والتفاعلات داخل النبات نذكر منها:

(1) نمو وامتانة أوراق النبات وسوقها: للبوتاسيوم تأثير مهم في نمو وامتانة الأوراق والأجزاء الخشبية في الساق وتقويتها فإذا نقص تركيز مركباته في غذاء النباتات صارت السوق ضعيفة سهلة الكسر وظهرت بقع صغيرة سوداء على حافة الأوراق المسنة ويبدأ جفافها من حافتها متجهاً نحو المركز. وهو بذلك يقوم بدور مضاد لدور الآزوت الذي يساعد على بناء خلايا غضة.

(2) تأثيره في تكوين الكربوهيدرات ونقلها: يعد البوتاسيوم عنصراً ضرورياً لمساعدة النبات في تكوين الكربوهيدرات في النبات وانتقالها إلى أماكن تخزينها فيه، مما يفسر حاجة المحاصيل النشوية والسكرية كالبطاطا والشوندر السكري وقصب السكر إليه ووفرة وجوده ضمن أجزائها التي تبنى فيها الكربوهيدرات أو يعاد تركيبها.

دلت التجارب على أن نقص البوتاسيوم يؤدي إلى تراكم أشكال ذائبة من الآزوت في الأنسجة النباتية وإلى انخفاض تكوين الكربوهيدرات العائدة إلى قلة تمثيل ثاني أكسيد الكربون ضمن وحدة المساحة من الأوراق وإلى سقوطها قبل نضجها مما يقلل من المساحة الكلية للأوراق وبالتالي من إنتاج النبات ويضعف سيقان المحاصيل ويؤدي إلى رداءة التيلة أو الألياف في محاصيل الألياف. وإضافة إلى ما سبق فإن تأثير البوتاسيوم لا يقتصر على الأجزاء الهوائية من النبات فحسب بل يتعداه إلى أجزائه الأرضية أيضاً، إذ أن إنتاج المادة الجافة والنسبة المئوية للنشاء في المادة الجافة لدرنات البطاطا يقل عند افتقار هذا

النبات إلى البوتاسيوم، وذلك بسبب انخفاض كمية البوتاسيوم المنتقلة إلى الدرنات اللازمة لتكوينها، مما يعني أن البوتاسيوم ينتقل من الأجزاء الهوائية إلى الدرنات ويؤثر مباشرة على تكوين المواد النشوية فيها نظراً لاحتوائها على نسب كبيرة منه.

(3) دوره في تكوين البروتينات والدهون: يساعد البوتاسيوم على حدوث التغيرات اللازمة في المركبات البروتينية وعلى تكوين الدهون وقيام عنصر الحديد بوظائفه الأساسية في تكوين الكلوروفيل، وقد وُجد أن نقص البوتاسيوم في النبات يكون مصحوباً ببطء تكوين البروتين والزيوت فيه.

(4) إطالة فترة النمو: تؤدي زيادة التسميد بالبوتاسيوم إلى إطالة مدة نمو السوق والأوراق وبذلك تؤخر نضج المحصول فيشابه بذلك تأثيره تأثير الآزوت، ورغم ذلك فإن بعض التجارب المقامة على القطن تدل على أن النضج يحدث في وقت مبكر عند نقص عنصر البوتاسيوم ويعلل ذلك بنقطتين:

– قصر مرحلة الإزهار في النباتات التي تفتقر للبوتاسيوم، فعندما تبدأ هذه النباتات بتكوين ونضج الجوزات تكون النباتات المزودة بكميات كافية من البوتاسيوم مستمرة في تكوين الأزهار.

– سقوط أوراق النباتات المفتقرة إلى البوتاسيوم مبكراً فيقف إنتاج وانتقال الكربوهيدرات في وقت مبكر كما يقف تفتح بعض الجوزات. لذا مما سبق يمكن القول إن التبكير في النضج الملاحظ في القطن يعد في الحقيقة موتاً مبكراً بدلاً من أن يكون نضجاً مبكراً.

(5) تأثيره في صفات المحصول: يعد التسميد البوتاسي الكافي ضرورياً لإنتاج أحسن الصفات من الحبوب والثمار، وفيما يلي سرد لتأثير البوتاسيوم على أنواع مختلفة من المحاصيل:

- تأثيره في الثمار اللحمية: يقلل البوتاسيوم من تأثير زيادة الآزوت كما يمنع الإسراع الكبير في النضج الناشئ من ارتفاع كمية حمض الفوسفور الصالح للتغذية.

- تأثيره في البذور: يزيد البوتاسيوم من وزن حبوب الغلال ويجعلها ثقيلة وغلظة.

- تأثيره في المحاصيل البقولية: يؤثر البوتاسيوم في نمو البقول كالقصبة والفل والحمص فهو يحسن من تثبيت عنصر الآزوت بواسطة العقد الجذرية ويزيد عددها وينشط تكوين الكربوهيدرات فيها فيجعلها أكثر صلاحية لنمو البكتريا العقدية.

(6) علاقته بالأحماض النباتية: يوجد البوتاسيوم في العصارة النباتية متحداً مع أحماض عضوية مثل الطرطريك والليمونيك والتفاحيك.

(7) دوره في امتصاص الآزوت: يساعد البوتاسيوم على امتصاص الآزوت من التربة حيث تتعادل الشحنة السالبة على أيون النترات مع الشحنة الموجبة للبوتاسيوم وبالتالي يتم امتصاص الآزوت مع تيار النتح إلى الأوراق ويصنع إلى بروتين بينما يتحد أيون البوتاسيوم عند القمة مع الأحماض العضوية وبهذه الطريقة يعود البوتاسيوم مرة أخرى إلى الجذور وفي حال نقصه يتراكم الآزوت الذائب في الأنسجة النباتية.

(8) تأثيره في سماكة طبقة الكيوتيكل: يزيد البوتاسيوم من سماكة طبقة الكيوتيكل على سطح الأوراق النباتية مما يؤدي مباشرة إلى:

- زيادة مقاومة الأمراض: يزيد البوتاسيوم من مقاومة النبات لبعض الأمراض وخاصة الفطرية منها (الصدأ في القمح) لأنه يزيد من سماكة طبقة الكيوتيكل مما يعيق اختراق العامل المرضي لها وكثيراً ما يعبر عن درجة مقاومة الأمراض.

- زيادة مقاومة النبات للجفاف: لوحظ أن النباتات المفتقرة إلى عنصر البوتاسيوم تفقد الماء بسرعة وذلك بسبب رقة الكيوتيل على سطوح أوراقها.
- (9) التحكم بعملية فتح الثغور وإغلاقها: يلعب البوتاسيوم دوراً مهماً وأساسياً في عملية فتح الثغور وإغلاقها على سطوح أوراق النبات مما يؤدي إلى:
- يلعب البوتاسيوم دوراً أساسياً في عمليات التمثيل الضوئي من خلال تحكمه بعملية فتح الثغور وإغلاقها التي من خلالها يدخل غاز CO_2 ويخرج O_2 كناتج لعملية التمثيل الضوئي.
- التقليل من عمليات النتح للنبات وبالتالي زيادة مقاومة الجفاف من خلال إغلاق الثغور عندما يتعرض النبات للجفاف.
- (10) دوره في عمليات الفسفرة: يشجع البوتاسيوم على عمليات الفسفرة حيث يؤثر على الأكسدة الفوسفورية لمركب ADP وتحويله إلى ATP الذي يتحكم بسرعة التنفس.
- (11) دوره في التوازن الحمضي الخلوي في الخلايا: يلعب البوتاسيوم دوراً في التوازن الحمضي/القلوي في الخلايا حيث يرافق الأيونات في تراكمها وهجرتها فهو بالتالي يزيد من كمية المواد المعدنية في العصارة الخلوية مما يخفض درجة تجمدها مما يزيد من مقاومة النبات للصقيع.
- (12) دوره في توتر الخلايا: يعمل البوتاسيوم على الإبقاء على توتر خلايا النبات وهذا يفسر سبب كثرة البوتاسيوم في الأنسجة النامة لأن توتر الخلايا فيها ضروري لنموها.

12-3-1-2- أعراض نقص البوتاسيوم:

تظهر أعراض نقص البوتاسيوم على الأوراق القديمة أولاً لأن النبات يكون غير قادر على امتصاص كمية كافية من البوتاسيوم القابل للإفادة فتتحرك الكمية الممتصة إلى مراكز التمثيل النشط في الأوراق الحديثة وبالتالي تظهر

الأعراض على الأوراق الأكبر سناً. أما في حالة النقص الشديد فيمكن أن تظهر الأعراض على الأوراق الحديثة. كما يمكن التعرف على أعراض نقص البوتاسيوم في وقت مبكر مجهرياً حيث يلاحظ انكماش الخلايا وضمورها وموت الأنسجة وانهيارها نتيجة تجمع المواد السامة فيها الأمر الذي يظهر بشكل احتراق الأوراق أو الحواف بدون اصفرار. وتتلحق تأثيرات نقص البوتاسيوم على المحصول بمقدار ما يمتصه النبات

من الآزوت. وهنا نميز حالتين:

- نقص بوتاسيوم مترافق مع نقص في الآزوت: ينتج في هذه الحالة صغر حجم الأوراق وقلة كمية الكربوهيدرات التي تكونها وموتها قبل الأوان إضافة إلى تقزم النبات وقصره. وقد لا تظهر على النبات هذه الأعراض البارزة حتى يجيء وقت تكوين البذرة أو الثمرة فيكون كل منها قليل الكمية صغير الوزن والحجم.

- نقص بوتاسيوم مترافق مع وفرة في الآزوت: ينجم عن هذه الحالة زيادة مقدار ما يصنعه النبات من المركبات الآزوتية إلى حد غير متكافئ مع ما يصنعه من الكربوهيدرات حيث تؤدي هذه الزيادة إلى الإضرار بالنبات فتصبح أوراقه متجعدة لينة رطبة وكبيرة الحجم.

وفيما يلي بعض الأعراض العامة الناتجة عن نقص عنصر البوتاسيوم في النبات:

- (1) اصفرار الأوراق عند الحواف وباتجاه الداخل.
- (2) التفاف الأوراق على شكل ميزاب.
- (3) تحول لون الأوراق الصفراء إلى لون أسمر أو بني محروق.
- (4) تساقط الأوراق قبل اكتمال نموها في بعض الأحيان.
- (5) يسبق الاحتراق عادة لون أرجواني غامق، تستتفه بلزمة لخلايا الأوراق.

(6) صغر حجم الأوراق.

(7) في حالة النقص القليل: انخفاض نوعية المحصول وكميته وفي حالة النقص الشديد: تموت الأوراق وخاصة في منتصف الفرع.

(8) ضعف تكون البراعم في الأشجار المثمرة وانخفاض نوعية الثمار بصورة عامة.

وهناك مجموعة من أعراض نقص البوتاسيوم خاصة بكل محصول يمكن إيجازها بالتالي:

• في الحمضيات:

- تقوس الأوراق جهة السطح العلوي.
- ظهور بقع صمغية دقيقة تزداد في الحجم ثم يصبح لونها بنياً أو أسود.
- تتشكل في حال النقص الشديد فروع جانبية ضعيفة تحمل أوراقاً صغيرة وتكون الفروع على شكل حرف S.
- يلاحظ على أشجار البرتقال تشقق بالفلق مع وجود صمغ.
- يلاحظ زيادة في سمك القشرة وتكون الثمار خشنة.
- الشوندر السكري: تدني درجة الحلاوة.
- المحاصيل النجيلية: ظهور ظاهرة الرقاد بسبب ضعف جدران الخلايا.
- درنات البطاطا: ظهور بقع سوداء أو زرقاء على الدرنات.
- البندورة والخيار: تكون الثمار رخوة مما يساعد على إصابتها بالكثير من الأمراض كما يتشكل على الأوراق بقع من أنسجة ميتة نقطية تتصل مع بعضها في المراحل المتقدمة.
- الثمار المخزنة: تتلف خلال فترة زمنية قليلة.
- أوراق الفصاة والبرسيم: تشكل بقع مختلفة الحجم صغيرة بحجم رأس دبوس ذات لون أبيض أو بني مصفر أو بني.

- أوراق القطن: ظهور بقع صدئية.
- الذرة الصفراء: تقزمها بسبب قصر السلاميات وضعف تطور الحبوب ضمن العرائس.
- القمح: بعض الأمراض الفطرية مثل الصدأ.

12-3-2- قابلية إفادة البوتاسيوم للنبات:

12-3-2-1- أنواع البوتاسيوم بحسب قابليته لإفادة النبات:

(1) البوتاسيوم غير القابل للإفادة نسبياً: وهو البوتاسيوم المرتبط الذي يدخل في تركيب الصخور والفلات ويؤلف الجزء الأكبر من البوتاسيوم في التربة (90 - 98)%. ويوجد البوتاسيوم المُصنَّف في هذه الصورة في تركيب المعادن الأولية التي تعد الفلسبارات والميكا من أهمها، ونظراً لأن هذه المعادن السليكاتية شديدة المقاومة لعمليات التجوية فإن كمية البوتاسيوم المنطلقة والتي تصبح قابلة لإفادة النبات تكون قليلة خلال موسم نمو المحصول، وعلى الرغم من ذلك تعد ذات أهمية كبيرة نظراً لمساهمتها في الحفاظ على مستوى البوتاسيوم القابل للإفادة على المدى الطويل.

(2) البوتاسيوم غير قابل للإفادة (البوتاسيوم بطيء الصلاحية): وهو الجزء الموجود على السطوح الداخلية لفلات الطين مثل الإيليت والفيرمكيولايت والكلورايت التي يكون فيها البوتاسيوم مرتبطاً أو مثبتاً بين طبقات السليكا والألومنيوم بطريقة لا يكون فيها سهل التحرر أو الانطلاق إلى المحلول الأرضي، وبالتالي تكون إفادته للنباتات النامية بطيئة، كذلك فإن البوتاسيوم الموجود في هذه الصورة غير قابل للتبادل مع الأيونات الأخرى المشابهة له في الشحنة الكهربائية خلال عملية التبادل الأيوني وبالتالي يطلق عليه اسم البوتاسيوم غير القابل للتبادل.

(3) البوتاسيوم القابل للإفادة: ويوجد هذا الشكل من البوتاسيوم بصورتين:

(3-I- ذائب في المحلول الأرضي وكميته صغيرة جداً قياساً بالبوتاسيوم الكلي وهو يستنزف من قبل النبات بسرعة ويتعرض للرشح من الطبقات السطحية.

(3-II- متبادل على سطوح الغرويات وهو المصدر الرئيسي لتعويض البوتاسيوم الممتص من قبل النباتات. وتكون بذلك علاقة الاتزان بين الشكّلين السابقين على النحو: ذائب $\leftrightarrow$ متبادل، بحيث يتسبب أي خلل في التوازن نتيجة امتصاص النبات للبوتاسيوم الذائب مثلاً في حركة بعض البوتاسيوم المتبادل إلى المحلول الأرضي حتى يعود التوازن من جديد ويحدث العكس عند زيادة البوتاسيوم في المحلول الأرضي نتيجة إضافة الأسمدة.

12-3-2- العوامل المؤثرة على درجة استفادة النبات من البوتاسيوم:

- (1) كمية الكاتيونات الأخرى في التربة: وبخاصة Ca, Mg, P والتي تسبب زيادتها إعاقة امتصاص البوتاسيوم.
- (2) درجة حرارة التربة والتهوية: إن انخفاض حرارة التربة وقلة الأكسجين يقللان من امتصاص البوتاس.
- (3) اندماج التربة أو تراصها: يقلل اندماج التربة من كمية البوتاسيوم الممتصة من قبل النبات لأنه يعيق انتشار الجذور بها وبالتالي يقلل من حجم المجموع الجذري الماص.
- (4) عدم كفاية كمية العنصر في محلول التربة: قد يكون تركيز البوتاسيوم في محلول التربة غير كافٍ إما لتثبيته أو لامتصاصه من النباتات، مما يحتم إضافته بعملية التسميد البوتاسي.

(5) درجة PH التربة: لكل عنصر درجة PH تعد الأنسب كي تكون الكمية القابلة للإفادة عندها أكبر، وبذلك فإن أي عامل يؤثر على PH التربة يؤثر على كمية البوتاس الذائب.

(6) الصنف والنوع: تحتاج بعض الأصناف أو الأنواع إلى بوتاسيوم بكميات أكبر من غيرها مثل البندورة والشوندر السكري والبطاطا والتبغ والخضراوات بينما تحتاج الأشجار المثمرة إلى كميات أقل.

12-3-3- سلوك البوتاسيوم وتفاعلاته في التربة:

12-3-3-1- تثبيت البوتاسيوم في التربة: هنالك مجموعة من العوامل

المؤثرة على درجة تثبيت البوتاسيوم في التربة يمكن إيجازها بما يلي:

(1) نوع معدن الطين وسطوح الامصاص الداخلية: تثبت فلزات الطين من نوع

1:2 بخاصة الإيليت البوتاسيوم بسرعة وبكميات كبيرة نسبياً في حين لا

تثبت الفلزات من نوع 1:1 البوتاسيوم إلا بكميات قليلة، ويعود السبب إلى أن

الفلزات التي تتبع المجموعة 1:2 تحتوي على سطوح ادمصاص داخلية

وخارجية في حين لا يحتوي الفلزات التي تتبع المجموعة 1:1 إلا سطوح

ادمصاص خارجية.

(2) الحرارة: وجد أن معقد التربة في نظام (تربة-محلول مخفف) ضمن درجة

الحرارة العادية لا يدمص ولا يحرر أيونات بينما يؤدي رفع درجة حرارة

هذا النظام إلى خلخلة الاتزان بين الأيونات المدمصة والأيونات المتبقية في

المعقد حيث تحرر الغرويات بعضاً من الأيونات المدمصة إلى محلول التربة

مما يؤدي إلى انخفاض شدة الامصاص وهذا ما يفسر ارتفاع تركيز محلول

التربة في الفصول الحارة بما يلائم النشاط الأعظمي.

(3) حموضة التربة (PH): بينت التجارب أن كمية البوتاسيوم المثبتة الناتجة

عن إضافة أسمدة بوتاسية تكون أكبر في الأراضي الحامضية التي أضيف

إليها هيدروكسيد الكالسيوم بقصد تعديل الحموضة منها في الأراضي الحامضية التي لم يضاف إليها الكلس بمعنى أن كمية البوتاسيوم المثبتة ترتفع بارتفاع PH التربة، ويعود ذلك إلى تحرر شوارد الهيدروجين H^+ المدمص لتتحد مع شوارد الهيدروكسيل بهدف تحقيق التوازن بين ما هو مدمص وبين ما هو موجود في محلول التربة، في هذه الحالة تبقى مواقع تحمل شحنات سالبة كانت تشغلها شوارد الهيدروجين ولا تستطيع شوارد الكالسيوم أن تشبع تلك المواقع، شوارد البوتاسيوم K^+ والأمونيوم NH_4^+ فحسب تستطيع أن تأخذ مواقع الهيدروجين على السطوح الداخلية لورقات الطين.

(4) **التجفيف والترطيب:** يؤدي جفاف التربة إلى زيادة تركيز البوتاسيوم في محلول التربة وهذا يؤدي إلى زيادة ادمصاصه وتثبيته تحت تأثير ظاهرة الاتزان، ويحصل العكس عند زيادة الرطوبة إذ يتحرر جزء من البوتاسيوم المدمص إلى محلول التربة لتحقيق الاتزان.

(5) **المادة العضوية:** وهي تتميز بخواصها التبادلية التي تشبه إلى حد ما خواص الطين وبالتالي تستطيع أن تمسك البوتاسيوم.

12-3-4- حركية الأسمدة البوتاسية:

تتميز الأسمدة البوتاسية بقابليتها العالية للذوبان في المحلول الأرضي، لذلك لا يبقى سوى كمية قليلة منها بعد إضافتها إلى التربة بسبب ادمصاص أغلب الكمية المضافة على غرويات التربة التي يعود جزء منها إلى المحلول الأرضي عند انخفاض مستوى البوتاسيوم فيه من خلال علاقة التوازن بينهما.

12-3-5- أنواع الأسمدة البوتاسية:

(1) **كلور البوتاسيوم:** يُعد من أرخص أنواع الأسمدة البوتاسية نظراً لقلّة تكاليف إنتاجه ويتألف من: 60% أكسيد بوتاسيوم K_2O ، 47.5% كلور، (2.8 - 2.9)% كلور صوديوم.

يتميز هذا السماد بقابليته للذوبان في الماء بشكل كامل، فعند إضافة هذا السماد إلى التربة يتم ادمصاص أيون البوتاسيوم على أسطح غرويات التربة مما يحفظه من عملية الغسيل ويؤدي إلى امتصاصه في صورة أيون بواسطة الجذور.

يعد هذا السماد متعادل التأثير في التربة فلا يسبب أي حموضة أو قلوية فيها فهو يلائم معظم المحاصيل عدا تلك التي يتأثر إنتاجها بزيادة الكلور كالتبغ والبطاطا والتي يفضل تسميدها بكبريتات البوتاسيوم، كما يلائم معظم الترب أيضاً عدا ترب الأراضي المتأثرة بالأملاح بسبب ارتفاع محتواه من الكلور.

(2) **كبريتات البوتاسيوم:** يكون ملح هذا السماد بشكل بلورات بيضاء ويحتوي على: (48%-52%) من K_2O ، 18% كبريت. يعد هذا السماد أيضاً كامل النوبان في الماء ويُعد سماداً ممتازاً يلائم كل أنواع الأراضي والمحاصيل، كما يعد مصدراً لعنصر الكبريت. ويستخدم في تسميد المحاصيل الحساسة للكلور وأيضاً يستخدم في تسميد المحاصيل المزروعة في الأراضي المتأثرة بالأملاح أو الزراعات المحمية التي يزيد تراكم الكلور فيها من مشاكلها.

(3) **نترات البوتاسيوم:** وهو سماد ذو لون أبيض مائل إلى السمرة، يعد من الأسمدة المركبة الجيدة فهو يحتوي على الآزوت بنسبة تتراوح بين (13-14)% إلى جانب احتوائه على K_2O بنسبة 46%.

(4) **كبريتات البوتاسيوم والمغنزيوم:** تنتج هذه الأسمدة بكميات تجارية في أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية، وتحتوي هذه الأسمدة على: (22-30)% من K_2O ، (10-19)% من MgO ، (16-23)% كبريت. يوصى باستخدام هذه الأسمدة على وجه الخصوص في الأراضي الحامضية التي تعاني من نقص في المغنزيوم ولتسميد المحاصيل التي تحتاج البوتاسيوم بكمية كبيرة مثل: البطاطا، الفواكه، الخضراوات.

12-3-6- المبادئ العامة للتسميد البوتاسي:

تضاف الأسمدة الأزوتية إلى التربة عند حاجة المحصول لها وبالكمية التي تكفي حاجته وذلك لأن التربة لا تستطيع تخزينه لتقديمه للنبات طوال مراحل تطوره كما أنها لا تستطيع الاحتفاظ به كي يستفيد منه المحصول التالي، في حين أن الوضع يكون مختلفاً كلياً بالنسبة للأسمدة البوتاسية والفوسفورية التي تضاف بكميات كافية لإيصال تركيزهما إلى المستوى المطلوب الذي يتم التوصل إليه حسابياً من نتائج التجارب الحقلية والتحليل المخبرية أي أنه تتم إضافة كميات من الأسمدة البوتاسية والفوسفورية تعادل ما تزيحه المحاصيل من التربة، حيث تضاف الأسمدة البوتاسية لتأمين احتياطي مستمر من البوتاسيوم في التربة وهو ما نطلق عليه التسميد الأساس والمقصود به كمية البوتاسيوم التي تؤمن صيانة المنسوب الاحتياطي للبوتاسيوم والكمية التي تزيحها المحاصيل خارج الحقل.

وفيما يلي أهم الملاحظات والنصائح المتعلقة بتخصيب الأراضي الزراعية

بالسماد البوتاسي:

- (1) **طريقة إضافة السماد البوتاسي:** تعد الأسمدة البوتاسية من الأسمدة الذوابة في الماء إلا أن حركتها أبطأ من الأسمدة الأزوتية حيث يتم امتصاصها على أسطح غرويات التربة وأحياناً تثبت خاصة في الأراضي الثقيلة. وبناء على قابلية هذه الأسمدة للذوبان يجب مراعاة إضافتها بعيداً عن البذور وخاصة عند استعمال كمية كبيرة منها، ونتيجة لعدم حساسية البادرات للبوتاسيوم كما هو الحال بالنسبة للأزوت والفوسفات فإن طريقة إضافتها سواء كانت نثراً أم بطريقة التلقيح أو التكبيش أو الخطوط تعطي نفس النتيجة تقريباً ما عدا في الأراضي الفقيرة فتفضل طريقة النثر لرفع درجة الخصوبة.

ويفضل عادة أن توضع الأسمدة البوتاسية على أكبر عمق ممكن فعند نثر هذه الأسمدة على سطح التربة يفضل أن تتبع عملية النثر بحراثة عميقة كي تتركز في المنطقة التي تستثمرها الجذور وللتقليل من ظاهرة تثبيت البوتاسيوم في التربة، كما يجب دائماً العمل على تأمين تراكيز جيدة من البوتاسيوم في جميع طبقات التربة التي توجد فيها جذور النبات لأن شوارد البوتاسيوم تنتشر ببطء شديد في الاتجاه الشاقولي والأفقي.

(2) **موعد التسميد البوتاسي:** تعد الأسمدة البوتاسية باستثناء نترات البوتاسيوم وسلفات البوتاسيوم أسمدة أساس لذلك يجب أن تضاف إلى التربة قبل البذر أو الغرس بمدة لا تقل عن ثلاثة أسابيع كما تميز هذه الأسمدة بإمكان استعمالها قبل الزراعة وفي أثنائها وذلك لعدم تعرضها للفقد كثيراً أو للتثبيت كالأسمدة الآزوتية وخاصة في الأراضي الثقيلة، ووجد أن نثر هذه الأسمدة مبكراً يعمل على إعطاء الوقت الكافي للتحويلات الضرورية لهذه الأسمدة وتوزعها في التربة.

(3) **احتياج المحاصيل للبوتاسيوم:** تعد أكثر المحاصيل احتياجاً للبوتاسيوم هي تلك التي تأتي في رأس الدورة الزراعية (شوندر، بطاطا، نباتات زيتية....) لذلك نلجأ إلى إضافة جرعة قوية من الأسمدة البوتاسية عند زراعتها في حين تكون الجرعة البوتاسية ضعيفة نسبياً بالنسبة للمحاصيل التالية في الدورة الزراعية وهذا يعني أن ميزانية البوتاسيوم في التربة تكون على أساس كامل الدورة الزراعية.

– **النباتات الجذرية والدرنية:** تحتاج النباتات الجذرية والدرنية والكرمة والنباتات الزيتية إلى كميات كبيرة من البوتاسيوم وذلك لأهميته في عمليات اصطناع السكريات والزيوت. فبالنسبة للشوندر السكري يتركز البوتاسيوم في الساق (العنق) والأوراق لذلك فإن عملية تصريم الشوندر السكري (ترك

الرقبة والأوراق في الأرض) تعني إعادة (75-150) كغ k_2O /هكتار وهي الكمية التي يجب أخذها بالحسبان عند حساب كمية البوتاسيوم اللازم إضافتها للمحصول الذي سيلي الشوندر السكري.

- **النجليات:** تعد النجليات من المحاصيل ذات الاحتياجات المعتدلة من البوتاسيوم، كما أنها تتميز بمجموع جذري منتشر بشكل جيد في التربة. تقضي هذه المحاصيل فترة طويلة من فصل الشتاء دون نشاط فيزيولوجي يذكر يمكنها خلاله أن تخزن كميات وافرة من البوتاسيوم في أنسجتها لتستعمله عندما تسمح لها الظروف بذلك ويبقى البوتاسيوم الذي تمتصه المحاصيل في القش أي أنه يعود ثانية إلى التربة إذا ما طمر القش بالتربة أو إذا استعمل في إسطبالات الأبقار أو غيرها.

(4) بصورة عامة لا تختلف فاعلية الأسمدة البوتاسية عن بعضها بعضاً فيما يتعلق باحتوائها على عنصر البوتاسيوم، لذا فإن اختيار نوع السماد يمكن أن يبنى على أساس سعر الوحدة الوزنية للسماد البوتاسي المراد إضافته للتربة مع الأخذ بعين الاعتبار كميات العناصر التي يمكن لهذا السماد أن يزود التربة بها.

(5) تحتوي أنواع الأسمدة البوتاسية الرديئة النوعية على كميات من الأملاح القابلة للذوبان أكبر من تلك الموجودة في الأنواع الجيدة منها، وكلما ارتفع تركيز الأملاح القابلة للذوبان كان احتمال ضررها بالمحاصيل أكبر.

(6) يجب أن نأخذ بالحسبان أهمية وجود عناصر أخرى كالسيوم والمغنسيوم في السماد البوتاسي عند تفضيل أحد أنواع الأسمدة البوتاسية على الآخر نظراً لأهمية كل من إضافة هذه العناصر في بعض الأراضي من الوجهة الزراعية ونفقات إضافتها للتربة بصورة منفصلة عن السماد البوتاسي.

(7) يجب التسميد بأسمدة بوتاسية لا تحتوي على الكلور لتسميد المحاصيل الحساسة جداً إلى الكميات الكبيرة من الكلور الذي يؤدي إلى خفض جودة المحصول، مثل التبغ، البطاطا، البطاطا الحلوة، الحمضيات.

(8) يفضل عند تسميد الترب الخفيفة القوام تجزئة السماد البوتاسي حيث يضاف ثلثا الكمية في فصلي الخريف، ويضاف الثلث الباقي في فصل الربيع، كما يجب عدم الإسراف في ماء الري في الأراضي الصحراوية خاصة الرملية من أجل رفع كفاءة استخدام الأسمدة البوتاسية خوفاً من تحرك هذا العنصر الذائب إلى الأسفل وفقد كميات كبيرة منه في المجاري المائية.

بناءً على ما سبق فقد وُجد أنه لرفع كفاءة استخدام الأسمدة البوتاسية على أشجار الفاكهة في الأراضي الرملية وزيادة استفادتها منه، يفضل استخدام الري بالتقيط كما يجب تسميد تلك الأراضي بسماد آزوتي أمونياكي مثل (سلفات الأمونيوم) أو نترات الأمونيوم قبل التسميد البوتاسي لهذه الأراضي لأن ذلك يساعد على انطلاق أيون البوتاسيوم وتحرره في الأرض وتحويله لبوتاسيوم متبادل في المحلول الأرضي وصالح للامتصاص من قبل النبات. ويرجع سبب ذلك إلى أن نصف قطر أيون البوتاسيوم يبلغ (1.33) أنغستروم ويثبت في الفجوات السداسية لمعادن الطين التي يبلغ نصف قطرها (1.35) أنغستروم لتقارب أنصاف أقطارهما من ناحية أخرى فإن نصف قطر أيون الأمونيوم (1.30) أنغستروم أي له القدرة على التثبيت في الفجوات السداسية لمعادن الطين لتقارب أنصاف أقطارهما أيضاً فيشغل أماكن تثبيت البوتاسيوم وبالتالي تزداد كمية البوتاسيوم في محلول التربة إذا أضيف كسماد للتربة.

(9) يفضل عند تسميد المراعي تجزئة الجرعة السمادية أيضاً لأن إضافة السماد البوتاسي مرة واحدة وبكميات كبيرة نسبياً في بداية الموسم تجعل النموات

النباتية الحديثة تحتوي على كميات كبيرة من هذا العنصر، لذلك يفضل أن تسمد نباتات المراعي مرة في الخريف يتبعها تسميد آخر في الربيع بعد الحشة الأولى على صورة سماد بسيط أو مركب N.P.K.

(10) يتم إعطاء المحاصيل الجرعة الثالثة من السماد البوتاسي في طور الإشتاء على صورة سماد بسيط أو سماد مركب (N.P.K) وبالنسبة للمحاصيل التي تحتاج إلى عزيق يضاف سماد الأساس عند الحراثة الأخيرة ويضاف سماد الصيانة للطبقة السطحية للتربة أثناء عمليات الزراعة.

(11) يضاف السماد البوتاسي في حالة الأشجار المثمرة في حلقات بعرض (20-30) سم على محيط الأشجار وتحت مسقط المجموع الخضري أي في منطقة الانتشار الفعلي للجذور.

0.53

H

0.95

~ 9

الفصل الثالث عشر

الأسمدة البطيئة التحلل

13-1- تعريف الأسمدة البطيئة التحلل:

وهي أسمدة مصنعة تضاف للتربة الزراعية قبل الزراعة في أثناء تجهيزها، وتقوم بتحرير العناصر الغذائية ببطء ليستفيد منها النبات خلال فترات طويلة لكن بجرعات صغيرة، ويتم تشكيل هذه الأسمدة بصورة حبيبات صغيرة تتكون من خليط سمادي محاط بغلاف صعب الذوبان بالماء يستطيع إمرار الماء عبر مسامه إلى حد ما مؤدياً بالتالي إلى ذوبان كمية صغيرة من محتوى الحبيبة إلى خارجها خلال فترة قد تصل إلى عدة شهور وتتعلق بالعوامل التالية:

- درجة حرارة التربة.
- سمك الغلاف المحيط بالحبيبة السمادية.
- تركيز المثبط الذي يؤثر على تحرر العنصر من حبيبة السماد.

13-2- الأسباب الرئيسية لاستخدام الأسمدة البطيئة التحلل:

(1) وجد أنه عند تسميد الأراضي الصحراوية وخاصة الأراضي الرملية أو الأراضي الصحراوية التي تحتوي على نسبة عالية من كربونات الكالسيوم يحدث فقد كبير للعنصر الغذائي الآزوت الموجود في الأسمدة الكيميائية الآزوتية مثل (نترات الأمونيوم، سلفات الأمونيوم، اليوريا، نترات البوتاسيوم) نتيجة لما يلي:

- أكسدة الأمونيوم: عند نثر الأسمدة الآزوتية المحتوية على الأمونيوم مثل نترات الأمونيوم وسلفات الأمونيوم واليوريا على سطح التربة يتحد أيون الأمونيوم مع الأكسجين ليكون النتريت الذي يسبب أضراراً كثيرة بالنسبة للنباتات.

- تطاير الأمونيا من التربة: عند إضافة الأسمدة التي تحتوي على أيون الأمونيوم إلى الطبقات السطحية من التربة وخاصة الصحراوية الكلسية ذات الـ PH المرتفع القلوية يتحلل الأمونيوم في التربة إلى أمونيا متطايرة بشكل غاز.

- فقد الآزوت عن طريق التثبيت لأيون الأمونيوم

- عملية عكس التآزت

- عكس عملية معدنة الآزوت العضوي بسبب تمثيله في أجسام الكائنات الدقيقة وهذا يحدث إذا ارتفعت نسبة الكربون في المادة العضوية عن (20:1).

- فقد الآزوت من الأسمدة الآزوتية المحتوية على أيون النترات NO_3^- بالغسل مع ماء الري الزائد عن الاحتياجات المائية للمحصول (ماء الصرف) وخاصة في الأراضي الرملية لذا كان من الضروري البحث عن طرائق حديثة لتقليل هذا الفقد في الآزوت أو منعه.

- وقد أدى البحث في الأسباب السابقة إلى الحصول على نتائج توجب استخدام كل من الأسمدة الكيميائية بطيئة التحلل والأسمدة المزودة بمثبطات التآزت.

(2) عند تسميد الأراضي الرملية الناعمة القوام ذات المسامية والنفاذية العالية بأسمدة كيميائية بوتاسية قابلة للذوبان فإن نسبة عالية من هذا العنصر تفقد مع مياه الصرف خاصة مع الري السطحي وبالتالي تقل كمية عنصر البوتاسيوم الذائب في المحلول الأرضي المحيط بجذور النبات، لذا يعد استخدام أسمدة بوتاسية بطيئة التحلل من أجل استمرار انطلاق البوتاسيوم وتحرره وغيره من العناصر لفترات طويلة خلال فترة نمو النبات هو الحل الأمثل لهذه الحالة.

(3) تتحول نسبة عالية من الأسمدة الفوسفاتية لدى إضافتها للتربة من الصورة الصالحة للامتصاص (فوسفات أحادية الكالسيوم أو حمض فوسفوريك) إلى

صورة أخرى أقل امتصاصاً (فوسفات ثنائية الكالسيوم) أو غير قابلة للامتصاص نهائياً (فوسفات ثلاثية الكالسيوم)، لذلك فإن تغليف الصورة الصالحة للامتصاص بمواد صعبة الذوبان يؤدي إلى انطلاق الصورة الصالحة للامتصاص ببطء مما يفتح المجال لتوفر الصورة الصالحة للامتصاص من الفوسفور لفترات أطول.

4) تعمل الأراضي القلوية ذات الـ PH المرتفع على تحويل العناصر الصغرى (Fe, Mn, Zn) من أشكالها الصالحة للامتصاص إلى أشكالها غير الصالحة للامتصاص. لذلك يفضل إضافة هذه العناصر بشكل أسمدة عناصر صغرى بطيئة التحلل لتلبية احتياجات النمو والإثمار لأشجار الفاكهة وفترات طويلة.

13-3- أنواع الأسمدة بطيئة التحلل:

- 1) أسمدة آزوتية بطيئة التحلل.
 - 2) أسمدة بوتاسية بطيئة التحلل.
 - 3) أسمدة مركبة NPK بطيئة التحلل.
 - 4) أسمدة مركبة NPK وعناصر صغرى بطيئة التحلل.
 - 5) أنواع أخرى من الأسمدة بطيئة التحلل وتشتمل على:
 - I. أسمدة بطيئة التحلل تستخدم فيها مثبتات التآزت.
 - II. أسمدة بطيئة التحلل لمنع عملية عكس التآزت. وفيما يلي شرح مفصل عن آلية عمل مثبتات التآزت وظروف استخدامها:
- I- مثبتات التآزت: هي مركبات تعمل على وقف نشاط البكتريا المسؤولة عن إتمام عملية التآزت وتشتمل على العديد من المركبات المتباينة في قدرتها وثباتها، ومن الأمور الواجب اعتبارها ألا يكون للمثبت أثر ضار على الأنواع الأخرى من الكائنات الحية الدقيقة النافعة في التربة.

I-1- آلية عمل مثبتات التآزت: يعمل المثبط على إيقاف الخطوة الأولى من عملية التآزت والتي تتم على خطوتين الأولى: تأكسد الأمونيا إلى نترات بواسطة بكتريا النتروزوموناس والثانية تتضمن تحويل النترات إلى نترات بواسطة بكتريا النتروباكتري، أي أن مثبط التآزت يعمل على إيقاف نشاط البكتريا المسؤولة عن ذلك (النتروزوموناس) مع عدم الإضرار ببكتريا النتروباكتري المسؤولة عن الخطوة الثانية من التآزت.

I-2- إضافة مثبتات التآزت: تضاف مثبتات التآزت إلى الأسمدة الأمونياكية بكميات ضئيلة جداً مثل: نترات الأمونيوم، سلفات الأمونيوم، اليوريا ولا فائدة من خلطها مع الأسمدة النترائية لأن هدفها بالأصل منع تكوين النترات.

I-3- فعالية مثبتات التآزت:

- تعمل مثبتات التآزت ومثبطات عكس التآزت على تحويل الأسمدة الكيميائية العادية إلى أسمدة بطيئة التحلل وترفع من كفاءتها السمادية: تظهر فعالية مثبتات التآزت في الأراضي الرملية ذات النفاذية العالية وخصوصاً في أثناء سقوط الأمطار الغزيرة في الشتاء، إذ تعمل على إيقاف عملية التآزت بدرجة كبيرة ولفترة طويلة مما يخفف من كمية الآزوت المفقود بالغسل وكذلك بالتطاير الغازي ويبقى الآزوت على صورة أمونيوم مثبت على غرويات التربة صالح للامتصاص من قبل الأشجار في الفترات الفيزيولوجية الحرجة (النمو، الإزهار، العقد) مما يؤدي إلى زيادة النمو الخضري وتنشيط الإزهار والعقد.

- تعمل على تزويد النباتات بكمية أكبر من الآزوت طوال فترة حياته مما ينعكس إيجاباً على المحصول وبالتالي لا حاجة لزيادة معدل التسميد لتعويض الفاقد.

- تحد مثبطات التآزت من تلوث مياه الشرب بالنترات كذلك تحد من نواتج عملية عكس التآزت من غازات نتروجينية تنتقل إلى طبقات الجو العليا مساهمة في مشكلة تآكل طبقة الأوزون المحيطة بالغلاف الجوي.

1-4- العوامل المؤثرة على فعالية مثبطات التآزت:

- العوامل البيئية: يتوقف تأثير المثبط في وقف عملية التآزت وتحويل الأمونيوم إلى نترت ثم نترات على مدى ارتباط المثبط بالسماذ الأزوتي وذلك لأن المثبط قد يفقد نتيجة لتبخره من السماذ في التربة أو بسبب الغسل أو نتيجة تحركه من منطقة الإضافة حول الجذور. لكن معظم الفاقد من المثبط ينتج عن تحلله حيويًا من السماذ، حيث وجد أن معدل تحلله يتوقف على العوامل البيئية مثل الرطوبة ودرجة الحرارة إذ يزداد تحلله وفقده عند ارتفاع الحرارة في الصيف.

- كمية المادة العضوية في التربة: يؤثر محتوى التربة من المادة العضوية على بقاء المثبط فيها. فقد وجد أن فترة فعالية مثبط التآزت في الترب الرملية ذات المادة العضوية المنخفضة (1% تقريباً) تكون قصيرة جداً مقارنة بفترة فعاليته في الترب ذات المادة العضوية العالية (نحو 6%) وذلك لأنه بسبب ادمصاصه في الأراضي ذات المادة العضوية العالية مما يحميه من التحلل والفقد.

1-5- الموعد الملائم لإضافة مثبطات التآزت: يجب اتباع سياسة سمادية صحيحة عند إضافة مثبطات التآزت لضمان الاستفادة من التسميد بالفوسفور والبوتاسيوم، إذ أن استخدام مثبطات التآزت يجعل الأيون السائد في التربة هو الأمونيوم فيؤثر إيجابياً على امتصاص الفوسفور وسلبياً على امتصاص البوتاسيوم مما يحتم عدم إضافة السماذ الأمونياكي والبوتاسي في الوقت نفسه بل

ينصح بإضافة السماد البوتاسي قبل الأمونياكي بأسبوع أو عشرة أيام لضمان سد حاجة النبات من البوتاسيوم وهذا ما أكدته كثير من البحوث.

13-4- الأهمية الاقتصادية لاستخدام الأسمدة البطيئة التحلل:

تعتبر الأسمدة البطيئة التحلل بجميع أنواعها من الاتجاهات الحديثة في تسميد أشجار الفاكهة من أجل جميع أنواع الترب وترجع أهميتها الكبيرة إلى:

(1) توافر نحو 50% من الأسمدة المستعملة عادةً والتي تكون سهلة الفقد، وعليه فهي تقلل من تكاليف العمالة التي تستخدم في إضافة الأسمدة العادية.

(2) تضمن استمرارية تلبية احتياجات الأشجار والنباتات خلال موسم النمو على فترات قد تصل من (2-6-8) أشهر مما يشجع الأشجار على إعطاء أكبر نمو وإثمار من دون الإسراف في استهلاك السماد.

(3) تعد إضافة الأسمدة البطيئة التحلل تحت سطح التربة على عمق يتراوح بين (3-4)م في مزارع الفاكهة المروية وفقاً لنظام الري بالتنقيط ضمن المساحة المبتلة تحت الأشجار من العوامل التي تزيد من تحلل وانطلاق العناصر الغذائية من هذه الأسمدة بسبب توافر الرطوبة المستمرة التي تزيد من توافر هذه العناصر وصلاحيتها للامتصاص بشكل مستمر من قبل الأشجار مما يمنحها دفعة قوية للنمو والإثمار.

(4) التوفير في العديد من النفقات والجهود المبذولة في صيانة شبكات الري بالتنقيط نظراً لأنها تضاف تحت سطح التربة بواسطة السمادات.

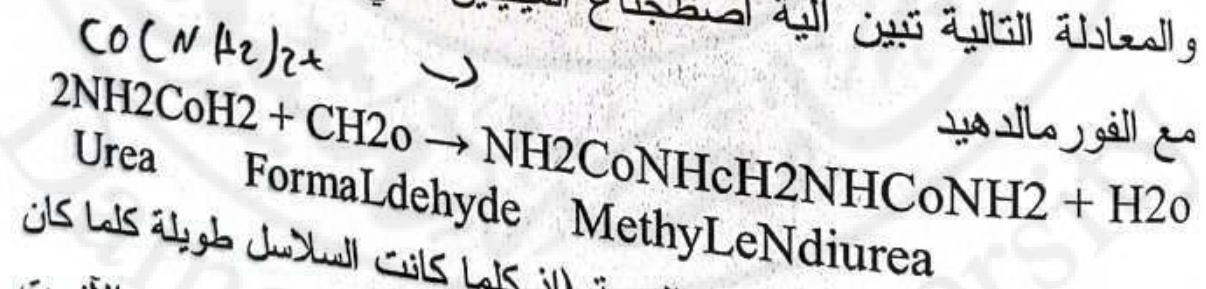
(5) التوفير في كمية الأسمدة المستخدمة والجهد المبذول للتسميد، إذ يتم تسميد أشجار الفاكهة بالأسمدة بطيئة التحلل لمرة واحدة أو مرتين على الأكثر خلال موسم النمو وبكميات تصل إلى نصف كميات الأسمدة الكيميائية التقليدية التي تضاف بصورة شبه يومية خلال موسم نمو وإثمار أشجار الفاكهة مع مياه الري تحت نظم الري الحديثة بخلاف الأسمدة البطيئة التحلل.

- (6) خفض كمية العناصر الغذائية المفقودة بالغسل مع مياه الري أو في المناطق ذات الهطول المطري الكبير، مما يحمي بدوره مياه الصرف من التلوث بالزيادة في تركيز بعض الأيونات السامة مثل أيون النترات (NO_3^-)
- (7) عدم تأثر تحرر وانطلاق العناصر السمادية من هذه الأسمدة بملوحة التربة، لذلك يعد سماد اليوريا المغلف بالكبريت من أهم مصادر التسميد الأزوتي لكل النباتات النامية ضمن الأراضي الملحية.

13-5- أمثلة عن الأسمدة بطيئة الإمداد:

- تتضمن الأسمدة بطيئة الإمداد العديد من أسمدة الآزوت بطيئة الإمداد بالإضافة إلى أسمدة العناصر الكبرى والصغرى والأمثلة:

(1) الميثيلين ثنائي اليوريا **Methylen di Urea**: ويسمى أيضاً يوريا فورم Urea-Form، وينتج هذا المركب من بلمرة اليوريا والفورمالدهيد وهكذا نحصل على الميثيلين يوريا المبلمرة بسلاسل تختلف بالطول والوزن وتتراوح البولي ميرات بين الميثيلين ثنائي اليوريا وخماسي الميثيلين. والمعادلة التالية تبين آلية اصطجناع الميثيلين ثنائي اليوريا من تفاعل اليوريا مع الفورمالدهيد



يتحلل هذا السماد ببطء في التربة (إذ كلما كانت السلاسل طويلة كلما كان التحلل بطيئاً) بواسطة الكائنات الحية الدقيقة وعمليات التحلل المائي والآزوت الناتج عن هذه العمليات يمد النبات بالآزوت لأطول فترة من حياة النبات.

(2) اليوريا الكبريتية: تغلف اليوريا بالكبريت فينتج سماد يحتوي حتى 40% أزوت و 15% كبريت، وعند إضافة هذا السماد للتربة يتأكسد الكبريت إلى

(3) أسمدة أخرى بطينة الإمداد: توجد في الأسواق حالياً أسمدة كيميائية بطينة الإمداد تحت أسماء تجارية مختلفة ومن هذه المركبات:

- 4) مثبطات النتجة **Nitrification Inhibitor**: تستعمل لهذا الغرض العديد من المركبات إلا أن أهمها وأكثرها فاعلية المركب الكيميائي:

حيث يخلط مانع النترجة عادة مع الأسمدة الكيميائية بنسبة تتراوح بين 1 إلى 2% وزناً لكي لا تتسمم النباتات عند زيادة تركيزه، وتضاف مانعات النترجة إلى الأسمدة الأمونياكية ومحاليل الأمونيا بغرض الإبطاء من إمداد الآزوت وبالتالي تقلل مثبطات النترجة من فقد الآزوت من التربة بالتطاير أو بالرشح مع مياه الأمطار أو مياه الري لأن الآزوت الأمونياكي يتحول ببطء إلى آزوت نتراتي بفعل الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة، ومن المعروف أن عمر مثبطات النترجة يتأثر بكمية المادة العضوية الموجودة في التربة وأيضاً برطوبة وحرارة التربة.



الفصل الرابع عشر

أعراض نقص العناصر الغذائية

تؤثر العديد من العوامل على درجة خصوبة الترب، إذ تعتمد التغذية الجيدة في الأساس على التوازن بين العناصر الغذائية المختلفة اللازمة للنبات سواء تلك الموجودة في التربة أو المضافة عن طريق الأسمدة، فكلما اقتربت درجة التوازن ما بين هذه العناصر الغذائية من الحد الأمثل لحاجة النبات كلما حصلنا على إنتاج أفضل في حال توافر العوامل الأخرى، في حين أن نقص كمية أحد هذه العناصر الغذائية يؤثر بشكل واضح على النبات سواء على مظهره أو على إنتاجه.

14-1- أنواع النقص في العناصر الغذائية:

14-1-1- النقص المطلق: يحدث في الترب الضعيفة الخصوبة أو تلك التي تكونت من مواد فقيرة بالعناصر الغذائية أو التي فقدت عناصرها سواء نتيجة للغسل بمياه الأمطار أو نتيجة للزراعات المتعاقبة التي استهلكت عناصرها الغذائية. وبالنسبة للنبات تظهر في هذا النوع من النقص أعراض مرضية واضحة مثل: اختفاء اللون، تأخر النمو، موت جزء أو أجزاء من النبات، وانخفاض الإنتاج، كما تظهر التحاليل نسباً غير طبيعية للعناصر الغذائية في أنسجة النبات.

14-1-2- النقص المفتعل: يحدث هذا النقص في ترب قد تحتوي على كافة العناصر الغذائية اللازمة للنبات وبكميات كافية لإنتاج زراعات طبيعية، إلا أن النبات يكون غير قادر على أخذ حاجته منها لأسباب كثيرة مثل تركيب التربة السائد الذي يحول دون توفير العناصر الغذائية للنبات وغيرها. يعد هذا النقص خطيراً لأنه يحدث وقتياً ونادراً ولا تظهر على النبات أعراض

منظورة بسببه ولكن يلاحظ تأخر النمو وانخفاض الغلة، إضافة إلى أنه من الصعب الكشف عنه بالتحاليل المخبرية.

14-1-2-1- الأسباب المؤدية لحدوث النقص المفتعل:

(1) درجة حموضة التربة (PH): يحصل النبات في التربة الحامضية على كل من عناصر: البور، الحديد، المنغنيز، الزنك، النحاس بسهولة. إلا أن ارتفاع حموضة التربة (PH) بسبب المبالغة بأضافة المصلحات الكلسية يرسب تلك العناصر الغذائية فتصبح غير صالحة للامتصاص.

(2) التعارض (التضاد) والتثبيت والتآزر (التساند): إن وجود عنصر ما في التربة قد يساعد على زيادة إتاحة عنصر آخر (تساند) كزيادة امتصاص جذور الشعير للبتوتاسيوم بوجود الكالسيوم أو قد يعاكس ذلك (تضاد) حيث أنخفض امتصاص الفوسفات عند النبات بوجود تراكيز زائدة من السلفات.

(3) العوامل المناخية: كانخفاض درجات الحرارة وارتفاعها ورطوبة التربة وكمية مياه الري المتاحة والتهوية. فمثلاً يلاحظ ازدياد امتصاص العناصر الغذائية عند حصول الجذور على كميات وافرة من الأكسجين في حين أن زيادة الرطوبة تعيق امتصاص عنصر الحديد.

(4) النوع النباتي: تتفاوت أنواع النباتات في حاجتها لعنصر معين من العناصر الغذائية أو أكثر.

14-2- طرائق تشخيص نقص العناصر الغذائية:

(1) تحليل التربة: يفيد عادة تحليل التربة ومعرفة محتواها من العناصر الغذائية في الكشف عن نقص العناصر الكبرى التي ظهرت على النبات أو التي قد تظهر بعد فترة معينة من حياته، فقد أصبح الحد الحرج والشكل الصالح للامتصاص الذي يوجد به كل عنصر منها معروفاً وكذلك التداخلات بين هذه العناصر وتأثير بقية العوامل عليها. أما بالنسبة للعناصر الصغرى فلا يمكن

تشخيص نقصها كلياً بالاعتماد على تحليل التربة، نظراً لعدم معرفة الحد الحرج والشكل الذي توجد به بشكل صالح للامتصاص في التربة والعوامل الأخرى المؤثرة عليها، فقد ظهرت أعراض نقص بعض العناصر الصغرى بشكل كبير على نباتات نامية في تربة ذات محتوى عالٍ من هذه العناصر مقارنة بأخرى مزروعة في تربة ذات محتوى قليل منها.

(2) تحليل النبات: حتى اليوم لا يمكن الاعتماد على هذه الطريقة بشكل كامل لتشخيص أعراض نقص العناصر وخاصة الصغرى منها وذلك لأن الحد الحرج من كل عنصر ضمن النبات مازال غير معروف بشكل كامل كما أن الشكل الذي يوجد فيه العنصر في النبات ونسبة كل عنصر إلى غيره مازال يكتنفه الكثير من الغموض، فقد تظهر كميات من عنصر ما في أوراق مصابة أكبر من الكميات الموجودة في أوراق سليمة. إضافة إلى أن المتطلبات النباتية لأي من هذه العناصر مختلف من نبات لآخر ومن فترة لأخرى ضمن النبات الواحد خلال فترة حياته.

(3) المظاهر الخارجية: رغم التطور الكبير في أجهزة التحليل المخبري إلا أن التعرف على أعراض نقص العناصر الغذائية عن طريق مشاهدة المظاهر الخارجية تعد من أهم الطرائق، وذلك لأن لكل عنصر من العناصر تأثيراً معيناً أو مجموعة من التأثيرات على كل نبات وعند غياب هذا العنصر أو انخفاض مستواه عن الحد الحرج نتيجة عدم توافره في التربة أو بسبب التداخلات مع العناصر الأخرى تظهر على النبات أعراض نقص خاصة به متميزة في كثير من الأحيان عن الأعراض التي يسببها نقص عنصر آخر. إلا أن أعراض نقص العناصر قد تختلط في بعض الأحيان وخاصة في المراحل الأولى لظهورها، كالاصفرار مثلاً الذي يلاحظ أحياناً في بداية النمو

قد يكون سببه نقص أكثر من عنصر إلا أنه لا يلبث أن يتميز بعد فترة وجيزة، و تحتاج هذه الطريقة إلى تدريب جيد وممارسة طويلة.

14-3- أعراض نقص العناصر الغذائية:

يسبب نقص العناصر المعدنية الغذائية انخفاضاً في الإنتاجية وظهور أعراض ملموسة على المحصول.

14-3-1- الكبريت S: وهو عنصر متحرك يمتص على صورة كبريتات (SO_4^{2-}) ثم يختزل في النبات إلى كبريت أو سلفوهيدروكسيل. يكثر وجود الكبريت في الطبقة السطحية من التربة أول ما تظهر أعراض نقصه على الأوراق حديثة التكوين.

14-3-1- وظائف الكبريت:

- يدخل في تركيب الأحماض الأمينية والهرمونات النباتية.
- يلعب دوراً مهماً في عملية التنفس.
- يدخل في تركيب الزيوت الطيارة كما في البصل والثوم.
- يساعد في تكوين الكلوروفيل.

14-3-1-2- تأثير زيادة تركيز الكبريت:

- تؤدي زيادة كمية الكبريت على حد معين إلى خفض رقم PH التربة كما تؤدي إلى نقص كمية النترات الصالحة للامتصاص لأن البكتريا التي تؤكسد الكبريت تحتاج إلى أوكسجين النترات في عملية الأكسدة.

14-3-1-3- أعراض نقص الكبريت في النبات:

- ظهور اللون الأصفر الشاحب على الأوراق
- جفاف الفروع في الأشجار المثمرة
- ضعف في نمو الكامبيوم

14-3-1-4- معالجة نقص الكبريت: يعالج بإضافة كبريتات الأمونيوم أو كبريتات الكالسيوم ، كما يتم العلاج بطريقة غير مباشرة باستخدام السوبر فوسفات أو سلفات البوتاس مثلاً حيث يستفيد النبات من الكبريت المتوفر بهذه الأسمدة.

14-3-2- المغنسيوم Mg: هو عنصر متحرك ضمن النبات ويوجد في التربة بكميات كافية كما يخفف وجود الكالسيوم من تأثيره السام، ويتم امتصاصه على شكل أيونات المغنسيوم (Mg^{++}) وتظهر أعراض نقصه غالباً في الأراضي الخفيفة. يكثر وجوده في البذور مرتبطاً مع الفوسفور وعلى اعتبار أنه عنصر متحرك فإن أعراض نقصه تظهر على الأوراق السفلية من الفروع أولاً.

14-3-2-1- وظائف المغنسيوم:

- يدخل في تركيب الكلوروفيل
- له علاقة بتكوين الزيوت داخل أنسجة النبات
- يساعد في تحرك الفوسفور والكربوهيدرات داخل النبات
- ضروري لتنشيط عدد من الأنزيمات

14-3-2-2- أعراض نقص المغنسيوم:

تحلل اليخضور وزوال اللون الأخضر فيما بين العروق مع بقاء العروق خضراء، وتتأثر الأوراق الكبيرة أولاً. تساقط الأوراق في حالات الإصابة الشديدة وتظهر الأشجار شبه عارية.

14-3-2-3- علاج نقص المغنسيوم: يعالج بإضافة كبريتات المغنسيوم أو رشها على الأوراق في حال الإصابة الخفيفة كما يتم العلاج بطريقة غير مباشرة عند استخدام الكالنترو الذي يحوي على كربونات المغنسيوم بنسبة 5%.

14-3-3-الكالسيوم: يتم امتصاصه على صورة (Ca^{++}) وذلك إما في المحلول الأرضي أو من الكالسيوم المتبادل مباشرة. تمتص النباتات البقولية الكالسيوم بكميات أكبر من النباتات النجيلية وهو عنصر غير متحرك ضمن النباتات لذلك تظهر أعراض نقصه على الأوراق الحديثة النمو أولاً.

14-3-3-1 دور الكالسيوم في النبات:

- يعد عنصراً بنائياً إذ يدخل في بناء الجدر الخلوية.
- ضروري لعملية الانقسام الخلوي.
- يعمل على تنشيط بعض أنزيمات الفوسفاتيز لزيادة النشاط الحيوي للنبات.
- يلعب دوراً في النمو وفي الحصول على نوعية ثمار جيدة وذات صلابة عالية مما يزيد من قدرتها التخزينية.

14-3-3-2 أعراض نقص الكالسيوم:

- تسبب النقرة المرة.
- تسبب التبقع الفليني.
- القلب المائي.
- تشققات على سطح الثمرة.
- تعفن، ذبول.
- ترهل الجدر الخلوية وضعف في الصلابة.
- ضعف في مقاومة النبات للأمراض والإصابات الحشرية.

14-3-3-3 العوامل المساهمة في نقص الكالسيوم:

- زيادة التسميد الأزوتي.
- تنافس امتصاصه مع البوتاسيوم و المغنسيوم.
- نقص البور يقلل من امتصاص الكالسيوم.
- نمو خضري قوي.

- التقليل الجائر.

- كبر حجم الثمار (وراثي أو حمل ضعيف)

- الجفاف، زيادة الرطوبة الأرضية والغسل.

14-3-3-4- معالجة نقص الكالسيوم: يعالج بإضافة كربونات الكالسيوم كما يتم بطريقة غير مباشرة عند استخدام السوبر فوسفات أو الكالنترو.

14-3-3-5- الكالسيوم في الترب الزراعية: تعاني أغلب ترب القطر العربي السوري بشكل عام من زيادة كربونات الكالسيوم مما يجعل نقص عنصر الكالسيوم في معظم الأراضي السورية أمراً نادراً كما يعد من العناصر الثانوية بينما في الأقطار الأخرى يعد من العناصر الكبرى والأساسية.

تعد الترب الكلسية صالحة للزيتون واللوزيات والفسق والتين والكرمة وغير صالحة للتفاحيات والدراق ومحدودة الاستعمال بالنسبة للأشجار الأخرى وعند توفر مياه الري تصلح لزراعة الخضراوات.

14-3-3-6- الكالسيوم في مياه الري: يجب عدم استخدام مياه الري التي تزيد نسبة الكالسيوم فيها على (10) ميلليمكافىء/ليتر. وقد وجد ان التوصيل الهيدروليكي للتربة أو النفاذية وكذلك درجة تجمع حبيبات التربة تقل عند ارتفاع النسبة Ca/Mg في مياه الري ويظهر ذلك بدرجة أكبر في حالة الأراضي الطينية، والجدير بالذكر أن امتصاص المغنسيوم على معقد التربة يحدث عند نسبة معينة من Ca/Mg.

14-4- أعراض نقص العناصر الصغرى (الثانوية) Fe, Cu, Zn, B, Mn: يعد نقص هذه العناصر في الأراضي السورية شائعاً جداً، حيث تكون النباتات في مثل هذه الترب غير قادرة على امتصاص هذه العناصر.

14-4-1- الحديد Fe: عنصر قليل الحركة ضمن النبات، يمتص على صورة حديد ثنائي (Fe^{++}) ويدخل كوسيط في تكوين الكلورفيل كما يدخل في تركيب السيتوكروم وله علاقة بتكوين أنزيم البروكسيديز.

تُلاحظ أعراض نقص الحديد على الأشجار المثمرة بشكل كبير في القطر العربي السوري، وإن ظهور أعراض نقص هذا العنصر لا يعني بالضرورة عدم توافره بالتربة بل بالعكس، فقد تبين أن بعض الأشجار التي تعاني من نقص الحديد تنتشر في أراضٍ غنية بالحديد مثل منطقة الزبداني مثلاً، إلا أنه يكون على صورة غير قابلة للامتصاص.

14-4-1- وظائف الحديد في النبات:

- يلعب دور وسيط في تكوين الكلوروفيل ولا يدخل في تركيبه .
- يدخل في تركيب السيتوكروم، لذا فهو يلعب دوراً أساسياً في التنفس.
- يلعب دوراً أساسياً في تحويل النتروجين الذائب في الأوراق إلى بروتين الذي يلعب دوراً كبيراً في حماية الكلوروفيل من أشعة الشمس الشديدة.
- يلعب دوراً مهماً في أكسدة السكريات.

14-4-1-2- أعراض نقص الحديد:

- اصفرار الأوراق حديثة النمو
- تتحول كامل الأوراق إلى اللون الأصفر وقد تصبح شبه بيضاء وخاصة في النموات الحديثة.
- تحترق أطراف الأوراق وتصبح بنية اللون في حالات النقص الشديد، كما قد تحترق كامل الورقة وخاصة في النموات الحديثة.
- ضعف الإنتاج أو عدمه.

14-4-1-3- معالجة أعراض نقص الحديد: يعالج بإضافة الحديد إلى التربة أو الرش عدة مرات على المجموع الخضري على شكل شيلات وتباع تحت أسماء تجارية مختلفة.

14-4-2-B- البورون: يوجد البورون بكميات قليلة في التربة ويتم امتصاصه على صورة بورات BO_3 ، إذ تسبب الكميات الكبيرة منه تسمم النبات. تعد زيادة الكالسيوم أحد أهم أسباب نقص البورون كذلك ارتفاع مستوى الماء الأرضي وسوء التهوية.

14-4-2-1- وظائف البورون في النبات:

- يتحكم بنسبة الماء داخل النبات كذلك في امتصاص الماء من التربة.
- له علاقة بحركة السكريات إلى أماكن تخزينها.
- يلعب دوراً مهماً في عمليات التلقيح داخل الزهرة.
- يؤثر على امتصاص بعض العناصر مثل الآزوت والبوتاس والكالسيوم.
- ضروري لتكوين الهرمونات في النبات.
- يلعب دوراً في عملية تشكيل البروتينات في النبات.
- ضروري لتكوين الحمض الأميني تربتوفان.

14-4-2-2- أعراض نقص البورون:

- موت البراعم والقمم النامية وأطراف الجذور.
- تكسر الأغصان والأوراق بسهولة.
- تطور الزهرة بشكل ضعيف.
- ثمار ضعيفة ومشوهة ذات عدد بذور قليل في داخلها.
- تشكل نسج فليينية داخل الثمار.
- جفاف لب الثمرة

14-4-2-3- أسباب نقص البورون:

- محتوى منخفض من المادة العضوية في التربة إذ يكون البورون المتوافر (القابل للإفادة) مدمصاً بشكل مؤقت على الجزيئات العضوية في التربة.

- الجفاف في الأراضي غير المروية.
- الأراضي التي تمت زراعتها لفترات طويلة.
- نقص الكالسيوم في محلول التربة.

14-4-2-4- معالجة نقص البورون: تتم معالجة أعراض نقص البورون

بإضافة البورات إلى التربة أو عن طريق الرش الورقي في حال الإصابة الخفيفة، ويعد أفضل موعد لإضافته في الربيع وقبل سريان العصارة وبدء النمو الخضري أو في الخريف بعد انتفاخ البراعم.

14-4-3- الزنك: يتم امتصاص الزنك من التربة على شكل أيونات (Zn^{++}).

يكون تركيز الزنك في الطبقات السطحية مرتفعاً ويقل مع العمق، كما يرتبط نوبان الزنك في التربة بدرجة الحموضة، ونلاحظ أعراض نقص الزنك حالياً مترافقة مع أعراض نقص الحديد على الحمضيات في محافظة اللاذقية بكثرة.

14-4-3-1- وظائف الزنك في النبات:

- يلعب دوراً أساسياً في تشكيل التربتوفان المركب النباتي الذي يتركب منه الأوكسين.
- يلعب دوراً في تشكيل الهرمونات النباتية .
- يدخل في تركيب بعض الخمائر لوحده أو بالاشتراك مع بعض العناصر الأخرى كالنحاس.
- يساهم في انتظام الخلية
- يساهم في اصطناع الـ RNA.

14-3-3-الكالسيوم: يتم امتصاصه على صورة (Ca^{++}) وذلك إما في المحلول الأرضي أو من الكالسيوم المتبادل مباشرة. تمتص النباتات البقولية الكالسيوم بكميات أكبر من النباتات النجيلية وهو عنصر غير متحرك ضمن النباتات لذلك تظهر أعراض نقصه على الأوراق الحديثة النمو أولاً.

14-3-3-1- دور الكالسيوم في النبات:

- يعد عنصراً بنائياً إذ يدخل في بناء الجدر الخلوية.
- ضروري لعملية الانقسام الخلوي.
- يعمل على تنشيط بعض أنزيمات الفوسفاتيز لزيادة النشاط الحيوي للنبات.
- يلعب دوراً في النمو وفي الحصول على نوعية ثمار جيدة وذات صلابة عالية مما يزيد من قدرتها التخزينية.

14-3-3-2- أعراض نقص الكالسيوم:

- تسبب النقرة المرة.
- تسبب التبقع الفليني.
- القلب المائي.
- تشققات على سطح الثمرة.
- تعفن، ذبول.
- ترهل الجدر الخلوية وضعف في الصلابة.
- ضعف في مقاومة النبات للأمراض والإصابات الحشرية.

14-3-3-3- العوامل المساهمة في نقص الكالسيوم:

- زيادة التسميد الأزوتي.
- تنافس امتصاصه مع البوتاسيوم و المغنسيوم.
- نقص البور يقلل من امتصاص الكالسيوم.
- نمو خضري قوي.

- التقليل الجائر.

- كبر حجم الثمار (وراثي أو حمل ضعيف)

- الجفاف، زيادة الرطوبة الأرضية والغسل.

14-3-3-4- معالجة نقص الكالسيوم: يعالج بإضافة كربونات الكالسيوم كما يتم بطريقة غير مباشرة عند استخدام السوبر فوسفات أو الكالنترو.

14-3-3-5- الكالسيوم في الترب الزراعية: تعاني أغلب ترب القطر العربي السوري بشكل عام من زيادة كربونات الكالسيوم مما يجعل نقص عنصر الكالسيوم في معظم الأراضي السورية أمراً نادراً كما يعد من العناصر الثانوية بينما في الأقطار الأخرى يعد من العناصر الكبرى والأساسية.

تعد الترب الكلسية صالحة للزيتون واللوزيات والفسق والتين والكرمة وغير صالحة للتفاحيات والدراق ومحدودة الاستعمال بالنسبة للأشجار الأخرى وعند توفر مياه الري تصلح لزراعة الخضراوات.

14-3-3-6- الكالسيوم في مياه الري: يجب عدم استخدام مياه الري التي تزيد نسبة الكالسيوم فيها على (10) ميلليمكافىء/ليتر. وقد وجد ان التوصيل الهيدروليكي للتربة أو النفاذية وكذلك درجة تجمع حبيبات التربة تقل عند ارتفاع النسبة Ca/Mg في مياه الري ويظهر ذلك بدرجة أكبر في حالة الأراضي الطينية، والجدير بالذكر أن امتصاص المغنسيوم على معقد التربة يحدث عند نسبة معينة من Ca/Mg .

14-4- أعراض نقص العناصر الصغرى (الثانوية) Fe, Cu, Zn, B, Mn: يعد نقص هذه العناصر في الأراضي السورية شائعاً جداً، حيث تكون النباتات في مثل هذه الترب غير قادرة على امتصاص هذه العناصر.

14-4-1- الحديد Fe: عنصر قليل الحركة ضمن النبات، يمتص على صورة حديد ثنائي (Fe^{++}) ويدخل كوسيط في تكوين الكلورفيل كما يدخل في تركيب السيتركروم وله علاقة بتكوين أنزيم البروكسيداز. تلاحظ أعراض نقص الحديد على الأشجار المثمرة بشكل كبير في القطر العربي السوري، وإن ظهور أعراض نقص هذا العنصر لا يعني بالضرورة عدم توافره بالتربة بل بالعكس، فقد تبين أن بعض الأشجار التي تعاني من نقص الحديد تنتشر في أراضٍ غنية بالحديد مثل منطقة الزبداني مثلاً، إلا أنه يكون على صورة غير قابلة للامتصاص.

14-4-1- وظائف الحديد في النبات:

- يلعب دور وسيط في تكوين الكلوروفيل ولا يدخل في تركيبه .
- يدخل في تركيب السيتركروم، لذا فهو يلعب دوراً أساسياً في التنفس.
- يلعب دوراً أساسياً في تحويل النتروجين الذائب في الأوراق إلى بروتين الذي يلعب دوراً كبيراً في حماية الكلوروفيل من أشعة الشمس الشديدة.
- يلعب دوراً مهماً في أكسدة السكريات.

14-4-2- أعراض نقص الحديد:

- اصفرار الأوراق حديثة النمو
- تتحول كامل الأوراق إلى اللون الأصفر وقد تصبح شبه بيضاء وخاصة في النموات الحديثة.
- تحترق أطراف الأوراق وتصبح بنية اللون في حالات النقص الشديد، كما قد تحترق كامل الورقة وخاصة في النموات الحديثة.
- ضعف الإنتاج أو عدمه.

14-4-1-3- معالجة أعراض نقص الحديد: يعالج بإضافة الحديد إلى التربة أو الرش عدة مرات على المجموع الخضري على شكل شيلات وتباع تحت أسماء تجارية مختلفة.

14-4-2-B: البورون يوجد البورون بكميات قليلة في التربة ويتم امتصاصه على صورة بورات BO_3 ، إذ تسبب الكميات الكبيرة منه تسمم النبات. تعد زيادة الكالسيوم أحد أهم أسباب نقص البورون كذلك ارتفاع مستوى الماء الأرضي وسوء التهوية.

14-4-2-1- وظائف البورون في النبات:

- يتحكم بنسبة الماء داخل النبات كذلك في امتصاص الماء من التربة.
- له علاقة بحركة السكريات إلى أماكن تخزينها.
- يلعب دوراً مهماً في عمليات التلقيح داخل الزهرة.
- يؤثر على امتصاص بعض العناصر مثل الآزوت والبوتاس والكالسيوم.
- ضروري لتكوين الهرمونات في النبات.
- يلعب دوراً في عملية تشكيل البروتينات في النبات.
- ضروري لتكوين الحمض الأميني تربتوفان.

14-4-2-2- أعراض نقص البورون:

- موت البراعم والقمم النامية وأطراف الجذور.
- تكسر الأغصان والأوراق بسهولة.
- تطور الزهرة بشكل ضعيف.
- ثمار ضعيفة ومشوهة ذات عدد بذور قليل في داخلها.
- تشكل نسج فليينية داخل الثمار.
- جفاف لب الثمرة

14-4-2-3- أسباب نقص البورون:

- محتوى منخفض من المادة العضوية في التربة إذ يكون البورون المتوافر (القابل للإفادة) مدمصاً بشكل مؤقت على الجزيئات العضوية في التربة.

- الجفاف في الأراضي غير المروية.

- الأراضي التي تمت زراعتها لفترات طويلة.

- نقص الكالسيوم في محلول التربة.

14-4-2-4- معالجة نقص البورون: تتم معالجة أعراض نقص البورون

بإضافة البورات إلى التربة أو عن طريق الرش الورقي في حال الإصابة الخفيفة، ويعد أفضل موعد لإضافته في الربيع وقبل سريان العصارة وبدء النمو الخضري أو في الخريف بعد انتفاخ البراعم.

14-4-3- الزنك: يتم امتصاص الزنك من التربة على شكل أيونات (Zn^{++}).

يكون تركيز الزنك في الطبقات السطحية مرتفعاً ويقل مع العمق، كما يرتبط ذوبان الزنك في التربة بدرجة الحموضة، ونلاحظ أعراض نقص الزنك حالياً مترافقة مع أعراض نقص الحديد على الحمضيات في محافظة اللاذقية بكثرة.

14-4-3-1- وظائف الزنك في النبات:

- يلعب دوراً أساسياً في تشكيل التربتوفان المركب النباتي الذي يتركب منه الأوكسين.

- يلعب دوراً في تشكيل الهرمونات النباتية .

- يدخل في تركيب بعض الخمائر لوحده أو بالاشتراك مع بعض العناصر الأخرى كالححاس.

- يساهم في انتظام الخلية

- يساهم في اصطناع الـ RNA.

14-4-3-2- أعراض نقص الزنك:

- ظهور بقع صفراء بين العروق مع بقاء أجزاء حول العروق الخضراء.
- تكون الأوراق الجديدة قصيرة وصغيرة ومتطاولة في مجموعات وردية تخرج من زر واحد بدلاً من الفروع.
- موت أطراف أغصان الحمضيات.
- ظهور بقع زيتية في أوراق الحمضيات وصغر في حجم الثمار وسماك قشرتها.
- ضعف قدرة الأشجار على تكوين البزاعم الثمرية وكذلك الثمار.
- في اللوزيات تكون الأوراق الوردية جالسة على الأفرع بدون أعناق.

14-4-3-3- معالجة نقص الزنك:

- يتم الرش بكبريتات الزنك في حال الإصابة الخفيفة أما في حالات الإصابة الشديدة فتستخدم شيلات الزنك.
- يضاف في الربيع قبل بدء النمو الخضري وسريان العصارة أو في الخريف بعد القطاف.

14-4-4- المنغنيز: يعد عنصراً قليل الحركة في النبات يمتص على صورة ثنائي التكافؤ (Mn^{++}). تكون الأوراق الغنية بالكالسيوم فقيرة بالمنغنيز، وتلاحظ أعراض نقصه في الأراضي القلوية حيث يتم أكسدة المنغنيز الثنائي القابل للامتصاص إلى منغنيز ثلاثي غير قابل للامتصاص.

14-4-4-1- وظائف المنغنيز في النبات:

- لا يمكن حصول تمثيل للنترات داخل النبات بدونه.
- يوجد تضاد بين الحديد والنحاس ويضعف التنفس إذا كانت نسبة Mn/Fe أقل أو أكبر (1.5-2.5).

- يؤثر في تكوين الكلوروفيل وبعض الأحماض العضوية وعمليات الأكسدة والإرجاع داخل النبات.

14-4-4-2- أعراض نقص المنغنيز:

- اصفرار الأوراق بين العروق.
- ظهور بقع بنية محروقة على الأوراق.
- قد تتساقط الأزهار والأوراق في حالات النقص الشديد.

14-4-4-3- معالجة نقص المنغنيز:

- إضافة الأسمدة التي تحتوي على مركبات المنغنيز حيث تعالج أعراض نقص المنغنيز بالرش بسلفات المنغنيز.
- إضافة بعض المبيدات الفطرية التي تحتوي على المنغنيز بنسبة كافية قد تصحح نقص المنغنيز.

14-4-5- النحاس: يحتاجه النبات بكميات ضئيلة و تظهر أعراض نقصه عادة في الأراضي العضوية. يوجد النحاس في التربة بكميات قليلة خاصة في الطبقات السطحية، ويتأثر ذوبان النحاس بدرجة حموضة التربة حيث يزداد الجزء الذائب منه مع انخفاض PH التربة.

14-4-5-1- وظائف النحاس في النبات:

- يلعب دور عامل مساعد في تكوين أنزيمات التنفس والكلوروفيل.
- يلعب دوراً في تفاعل الآزوت داخل النبات.
- يزيد في مقاومة النبات للأمراض الفطرية.
- يتدخل في تركيب العديد من الأنزيمات المؤكسدة.
- يتدخل في تكوين أجنة البذور وفي زيادة النمو.

14-4-5-2- أعراض نقص النحاس:

- اصفرار الأوراق وموت البراعم.
- قصر المسافات بين عقد الأغصان .
- انخفاض كمية العصير داخل ثمار الحمضيات وخاصة الليمون الحامض.
- اصفرار الأوراق وموت البراعم.
- الاكسانتيما أو ما يسمى (الاسترداد) الذي يؤدي إلى موت القمم النامية.

14-4-5-3- معالجة أعراض نقص النحاس: يعالج بالرش بكبريتات النحاس أو بأي من المركبات النحاسية كما يمكن الاستفادة من المركبات النحاسية المستخدمة لمعالجة الفطور.

14-5- بعض التوصيات المتعلقة بعلاج نقص العناصر:

- (1) ينصح بعدم استعمال السماد البلدي غير الناضج لتجنب نقص الحديد.
- (2) تجنب الري بالغمر الذي يؤدي الى تهوية غير كافية.
- (3) يجب اتباع التعليمات الواردة على لصاقة كل مركب تجاري عند استخدام التسميد الورقي بالمركبات التي تحتوي على عنصر البورون.
- (4) يثبت الزنك بسهولة في التربة لذا يفضل إضافة مركباته على النباتات أكثر من إضافتها للتربة مباشرة
- (5) على المدى الطويل لن يساهم التسميد الورقي في التخلص من نقص الزنك وبذلك لا بد من التسميد السنوي.
- (6) تكون تركيبات الزنك ونسبها مختلفة ولكن لها نفس الفعالية وبالتالي يجب تطبيقها بحسب التعليمات الواردة على العبوة.
- (7) لا تضاف الأسمدة والثمار موجودة على الشجرة لأنها ستؤدي لتخرشات وحروق على بشرة هذه الثمار (تقشبات).

(8) يجب عدم المبادنة في كس التربة لعلاج نقص المنغنيز لأنه يسيء إلى تهوية التربة ويشجع على خفض PH التربة، ومجمل هذه الظروف غير مرغوبة للنبات.

(9) تظهر أعراض نقص الموليبيدين على النبات في الترب الحامضية وإن إضافة الجير يعمل على رفع PH التربة وبالتالي تحرير الموليبيدين بصورة ميسرة للنبات.

(10) تؤدي زيادة تركيز الفوسفات وأيضاً الموليبيدات في وسط النمو إلى ظهور أعراض نقص الحديد على النبات لأن الفوسفات أو الموليبيدات تثبت الحديد ضمن مركبات غير ذوابة.

الفصل الخامس عشر

التسميد الورقي

15-1- تعريف التسميد الورقي:

تسميد النباتات بما تحتاجه من العناصر سواء أكانت عناصر صغرى أم عناصر كبرى عن طريق رش أوراقها بالأسمدة الذوابة التي تكون عادة يوريا وأسمدة العناصر الصغرى. ويستخدم عندما يصعب على النباتات استخلاص العناصر الأساسية من التربة كوسيلة اقتصادية سريعة المفعول معروفة منذ مئة عام تقريباً.

وقد أمكن التمييز بين المغذيات الممتصة عن طريق الأوراق وتلك الممتصة عن طريق الجذور بواسطة استخدام العناصر المشعة وبرهنت التغذية الورقية وخاصة بالعناصر الصغرى أنها أكثر فعالية من التسميد بها عن طريق الأرض.

15-2- دواعي استخدام التسميد الورقي:

(1) تعد إضافة العناصر الغذائية وخاصة الصغرى منها عن طريق التسميد الورقي إحدى الطرائق السريعة لإمداد النباتات الراقية بها، إذ أن إضافة هذه العناصر إلى التربة قد يؤدي إلى تحولها إلى صورة غير قابلة لإفادة النبات نتيجة لعوامل عديدة مثل:

- ارتفاع PH التربة نحو القلوية.
- زيادة نسبة كربونات الكالسيوم.
- انخفاض محتوى التربة من المادة العضوية.

(2) يعد التسميد الورقي ذا أثر فعال في حالة الجذور التي ليس لها المقدرة على امتصاص العناصر الغذائية من الأرض بسبب ما يلي:

- عدم خصوبة التربة.
- وجود درجة عالية من التثبيت لهذه العناصر في التربة.
- تعرض هذه العناصر للفقد إما عن طريق الري الزائد أو الغسل من الترب ذات النسيج الخشن.
- ضعف المحتوى الرطوبية.
- حدوث ضرر لجذور النباتات.

(3) بينت الدراسات أن هناك استجابة عالية للتسميد الفوسفاتي المضاف رشاً مقارنة مع إضافته إلى التربة، حيث وجد أن إضافة الفوسفور إلى التربة يؤدي إلى تثبيت معظمه في الطبقات السطحية مما يؤدي إلى حصول انخفاض في امتصاص الفوسفور بواسطة النبات.

15-3- أنواع آلات الرش المستخدمة في التسميد الورقي:

- (1) موتورات رش مزودة بخزانات سعتها (150, 200, 300) لتر وهي تستخدم في المساحات الصغيرة من مزارع الفاكهة.
- (2) تنكات رش تربيينية إما مجرورة خلف الجرار أو محمولة عليه تستخدم في المساحات الكبيرة من بساتين الفاكهة.
- (3) موتورات رش صغيرة محمولة على الظهر تتراوح سعتها بين (1 - 5) لتر، وتعد ذات كفاءة رش عالية لأن المحلول يخرج منها على هيئة رذاذ أو بخار.
- (4) طائرات لرش العناصر المغذية: وهي تستخدم على نطاق واسع في بعض الهيئات في الدول الكبرى، وينصح القائمون بهذه العملية باستخدام جهاز Micron Air: وهو جهاز يؤدي إلى تقليل حجم الرذاذ بدرجة كبيرة وبالتالي فهو يُمكن من استخدام محاليل مغذية مركزة مقارنة بالمحاليل المخففة ومن دون أن تسبب أية أضرار.

15-4- أنواع الأسمدة الورقية:

- 1) أسمدة عناصر كبرى مفردة: وهي أسمدة ورقية تحتوي على عنصر واحد من العناصر الكبرى.
 - 2) أسمدة عناصر كبرى مركبة: وهي أسمدة ورقية مركبة من أكثر من عنصر من العناصر الكبرى.
 - 3) أسمدة عناصر صغرى مفردة: وهي أسمدة ورقية تحتوي على عنصر واحد من العناصر الصغرى.
 - 4) أسمدة عناصر صغرى مركبة: وهي أسمدة ورقية مركبة من أكثر من عنصر من العناصر الصغرى.
 - 5) أسمدة عناصر كبرى وصغرى مركبة: وهي أسمدة ورقية تحتوي على عناصر كبرى وصغرى معاً.
- 15-5- أسس اختيار السماد الورقي:
- يتحدد اختيار أو شراء السماد الورقي على عدة أسس منها:
- 1) حالة النقص: يحدد ما إذا كانت أعراض النقص لعنصر واحد أو عدة عناصر.
 - 2) تركيب السماد الورقي: من حيث العناصر الداخلة في تركيب السماد ونسبتها.
 - 3) الغرض من استخدام السماد الورقي: فالغرض منه استخدامه إما أن يكون علاجياً أو وقائياً مما يحدد أيضاً عدد مرات رش السماد.
 - 4) سعر السماد الورقي: وهو يتوقف على كمية السماد الواجب استخدامها في الرش للدونم الواحد وتركيز العناصر المغذية فيه.

5) يجب أن يحتوي السماد الورقي على نسبة (5%) من العناصر المغذية الضرورية الصغرى إذا كانت هذه العناصر في صورة مخلبية أو (15%) في حالة ما إذا كانت هذه العناصر بصورة معدنية.

6) مواعيد الرش: تختلف احتياجات أشجار الفاكهة من العناصر الغذائية المختلفة سواء أكانت هذه العناصر كبرى أم صغرى بحسب مراحل النشاط الفيزيولوجي واحتياجاتها من كل عنصر في كل مرحلة من مراحل نموها.

15-6- مزايا التسميد الورقي:

- 1) استخدام كميات أقل من السماد وتوزيعها بصورة أفضل وإضافتها كلما احتاج النبات إليه.
- 2) تجنب الإضرار بالبادرات وهو ما قد يحدث عند استخدام أسمدة جافة بكميات كبيرة.

3) تجنب التفاعلات التي قد تؤدي إلى خفض قابلية السماد لإفادة للنبات.

5) تكون استجابة النبات للتسميد بالرش أفضل في حالة الجو الجاف.

15-7- سلبيات التسميد الورقي:

- 1) انخفاض معدلات نفاذية العناصر المغذية ولو جزئياً من خلال طبقة الكيوتيكل التي تغطي سطح الأوراق.
- 2) جريان المحلول المغذي على سطوح الأوراق.
- 3) غسل المحلول المغذي بواسطة الأمطار.
- 4) إعادة انتقال بعض العناصر المغذية وبكميات محدودة مثل الكالسيوم من مواقع الامتصاص إلى أجزاء أخرى من النبات.
- 5) لا يمكن إمداد النباتات الراقية باحتياجاتها السمادية الكبيرة من العناصر الكبرى إمداداً كاملاً، ما عدا اليوريا التي تستطيع إمداد النباتات بالآزوت بنحو 10% في الرش الواحدة.

6) قد يسبب استخدام تراكيز عالية من السماد في التسميد الورقي بعض الإضرار بالأوراق كالاضرار أو الاحتراق، كما يحدث عند الرش باليوريا بتركيز أكبر من (1%) عند عدم وجود السكروز في محلول الرش.

تتم إضافة العناصر الصغرى رشاً في صورة مركبات مخليية وذلك لأنه قد يرتفع رقم PH التربة إلى 8.5 وأكثر وفي هذه الحالة من الصعب الإمساك بالعناصر عن الطريق المحلول الأرضي حيث تتكون أكاسيد وهيدروكسيدات هذه العناصر وهي مركبات غير ذائبة في الماء لذلك أدخل ما يسمى بالمخليات وهي مركبات لها القدرة على مسك العناصر الثقيلة وتكون سهلة الامتصاص بواسطة النبات وتضاف عن طريق الرش.

15-8- العوامل المؤثرة على امتصاص العناصر وانتقالها داخل النبات:

1) درجة التصاق السائل بالورقة: تعمل خشونة سطح الورقة على خفض درجة الالتصاق بها وتكوين أغشية هوائية أسفل نقط المحلول يؤدي إلى خفض درجة انتشاره.

2) تساعد المواد المبللة على زيادة انتشار محاليل الرش على سطح الورقة مما يساعد على الامتصاص.

3) تركيز المادة المغذية في محلول الرش: إذ تزداد الكمية الممتصة من العنصر بزيادة تركيزه في محلول الرش.

4) تساعد إضافة بعض المواد الهيجروسكوبية مثل الغليكول والغليسرين على حفظ رطوبة سطوح الأوراق مدة كافية حتى يتم امتصاص العنصر المرشوش.

5) تعمل درجات الحرارة المنخفضة على تأخير انتقال الفوسفات الممتصة عن طريق الأوراق وقد لوحظ أن درجة الحرارة (21°) أكثر الدرجات ملائمة لامتصاص الفوسفات ونقله.

(6) يزداد معدل الامتصاص والانتقال للعناصر المرشوشة بزيادة المساحة المغطاة بالمحلول من النبات.

15-9- الإرشادات العامة الواجب اتباعها عند رش أسمدة العناصر الصغرى:

- (1) ألا تكون الأرض شديدة الجفاف أو مروية حديثاً.
- (2) أن يتم الرش في الصباح الباكر أو بعد انقضاء الظهيرة وانكسار حدة درجة الحرارة.

(3) إيقاف الرش عند اشتداد الرياح.

(4) الامتناع عن الرش عند توقع سقوط الأمطار.

(5) يراعى عند رش أشجار الفاكهة أن يكون اتجاه الرش مع اتجاه الرياح وليس بعكسه.

(6) الرش في المواعيد المناسبة وبالتركيزات أو الكميات الموصى بها.

(7) تسجيل تاريخ الرش وتركيز وكمية المركب وكذلك كمية المياه المستخدمة فعلاً لرش الدونم.

15-10- إرشادات تحضير محلول الرش:

(1) تقسم الكمية المخصصة من سماد العناصر الصغرى للدونم على عدد مرات حيث يملأ خزان موتور الرش أو الرشاشة بحسب كل حالة.

(2) عدم إضافة سماد العناصر الصغرى مباشرة إلى خزان موتور الرش، بل تذاب الكمية أولاً في إناء بلاستيكي فيه كمية قليلة من الماء وقد يحمض قليلاً بإضافة حمض الستريك حتى يذوب المركب تماماً ثم ينقل محتوى الإناء إلى خزان موتور الرش المليء بالماء.

15-11- إرشادات عملية الرش:

(1) استخدام طرائق الرش التي تضمن خروج محلول الرش في صورة رذاذ دقيق حتى لا تتجمع قطراته وتنزلق من على سطح الورقة.

(2) يجب أن ترش جميع الأشجار رشاً متساوياً ومن جميع الجهات على شكل شمسية مع رش الأجزاء العليا أولاً بمعنى أن يكون الرش من أعلى إلى أسفل.

(3) سرعة التحرك حول الأشجار في أثناء عملية الرش.

(4) رش جميع مسطحات الأوراق رشاً جيداً مع التركيز على النموات الحديثة في الأفرع الحديثة إذ أن أعراض نقص العناصر الصغرى لا تظهر إلا عليها.

(5) ضمان وصول محلول الرش للسطح السفلي للأوراق أعلى من السطح العلوي.

(6) يراعى عند رش الأشجار الكبيرة الحجم أن يكون الرش من الداخل والخارج.

(7) عدم تكرار الرش بالكمية المتبقية من المحلول خوفاً من زيادة التركيز على المعدل أو المقرر الموصى به.

(8) نظراً لأن أسمدة العناصر الصغرى محضرة بطريقة تسهل امتصاصها بواسطة الأوراق وانتقالها داخل أنسجة الأوراق فلا داعي لغسل الأشجار بمحلول الرش كما يحدث في حالة رش المبيدات.

(9) لا داعي أيضاً لتكرار ما سبق رشه من أشجار في الرشة الواحدة.

الفصل السادس عشر

الأسمدة المركبة

16-1- تعريف الأسمدة المركبة:

هي الأسمدة الحاوية على أكثر من عنصر سمادي واحد. فقد تم تحضير أسمدة حاوية على أكثر من عنصر من العناصر المغذية تعرف بالأسمدة المركبة أو المختلطة بسبب اختلاف الأراضي في قابليتها لتزويد المحاصيل بالعناصر الغذائية واختلاف حاجة المحاصيل لها ولأن بعض الترب تفتقر إلى أكثر من عنصر سمادي واحد.

16-2- أنواع الأسمدة المركبة: تقسم الأسمدة المركبة إلى ما يأتي:

16-2-1- الأسمدة الآزوتية البوتاسية: وهي التي تحتوي على آزوت وبوتاسيوم مثل نترات البوتاسيوم، كلور البوتاسيوم والأمونيوم، نترات البوتاسيوم والأمونيوم.

لما كانت نسبة البوتاسيوم للآزوت عالية ولا تناسب حاجة النبات فقد حضرت أسمدة أخرى على الآزوت

يبين الجدول التالي تركيب أهم الأسمدة ومحتوياتها من الآزوت والبوتاسيوم:

الجدول (16-1): أهم أنواع الأسمدة المركبة ونسب العناصر المغذية فيها:

النسبة المئوية	الرمز الكيميائي	السماد
N13%, K ₂ O 44%	KNO ₃	نترات البوتاسيوم
N2-4%, K ₂ O 4-9%	-----	سيقان التبغ
K ₂ O 48-63%	KCL	كلوريد البوتاسيوم
K ₂ O 25-30%	K ₂ SO ₄ , MgSO ₄	سلفات البوتاسيوم والمغنسيوم

16-2-2- أسمدة آزوتية فوسفاتية: وهي التي تحتوي على آزوت وفوسفور كفسفات ثنائية الأمونيوم.

16-2-3- أسمدة آزوتية فوسفاتية بوتاسية: تدعى بالأسمدة الكاملة وهي التي تحتوي على آزوت وفوسفور وبوتاسيوم. تتميز بقابليتها للذوبان في الماء وتحتوي على الأملاح المكونة لها منفردة في المخلوط كما يحدث في الواقع تفاعلات بينها ينتج عنها أملاح جديدة مثل بلورات من نترات البوتاسيوم والأمونيوم في الأسمدة الناتجة.

16-3- تحليل السماد المركب:

يعبر عن تحليل السماد بالكميات النسبية لكل من الآزوت (N) والفوسفور بشكل (P_2O_5) والبوتاسيوم على شكل (K_2O)، فسماد (5-10-10) يعني أنه يحتوي على (5%) آزوت كلي و(10%) فوسفور قابل لإفادة النبات و(10%) بوتاسيوم قابل للذوبان. وبذلك فإن (1000) كغ من سماد كامل (8-16-16) يحتوي على (80) كغ آزوت كلي و(160) كغ P_2O_5 و(160) كغ K_2O . وتخلط الأسمدة إما تجارياً أو في المزارع أحياناً ولا بد عند خلط الأسمدة من تعيين النسب المئوية للأزوت والفوسفور والبوتاسيوم.

مثال: لنفترض مثلاً أنه يراد تحضير طن من سماد (3-12-12) وإن الأسمدة المتوافرة هي:

سلفات الأمونيوم (20%) N

سوبر فوسفات (20%) P_2O_5

كلوريد البوتاسيوم (60%) K_2O

فيمكن في هذه الحالة الاستعانة بالمعادلة التالية:

$$س = أ \times ب / ج$$

حيث:

أ : الكمية المراد تحضيرها من الأسمدة المختلطة

ب: النسبة المئوية للعنصر في المخلوط السمادي

ج: النسبة المئوية للعنصر في السماد المستعمل

وعليه فكمية سماد الأمونيوم (س) بالنسبة للمثال هي: $س = 20 / 3 \times 1000 = 150$ كغ

وكمية السوبر فوسفات: $20 / 12 \times 1000 = 600$ كغ

وكمية كلوريد البوتاسيوم: $60 / 12 \times 1000 = 200$ كغ

والكمية الكلية المستعملة للمخلوط لهذه الأسمدة تساوي: $200 + 600 + 150 = 950$ كغ وتكمل الكمية الباقية (50) كغ بمواد مائة كالرمل أو الحجر الجيري أو المواد العضوية.

16-4- ميزات خلط الأسمدة:

(1) يوفر السماد المركب العناصر المغذية اللازمة للتربة من أجل تأمين حاجة المحصول المراد زراعته.

(2) توفير الكبير في المال والجهد اللازمين لتوزيع وإضافة الأسمدة البسيطة كل على حده ولا سيما عند عدم توفر الأيدي العاملة أو غلاء أجورها في المنطقة.

(3) تحسين الصفات الفيزيائية وتعديل حموضة أو قلوية الأسمدة البسيطة عند خلطها مع بعضها بعضاً.

(4) يفضل استخدام الأسمدة المركبة السائلة عند التسميد بمياه الري على التسميد بالأسمدة البسيطة

16-5- مساوئ خلط الأسمدة البسيطة:

- (1) قد يضطر المزارع إلى إضافة السماد المركب الناتج في موعد محدد قد لا يتفق مع إضافة إحدى الأسمدة البسيطة المكونة للخليط.
- (2) لا يمكن خلط كثير من الأسمدة البسيطة مع بعضها نتيجة الفقد الحاصل أحياناً في مكونات السماد أو نتيجة لحصول تفاعلات جانبية تغير من طبيعة السماد الكيماوية.

16-6- الأمور الواجب مراعاتها عند خلط الأسمدة:

- (1) لا يجوز خلط الأسمدة الأمونياكية التي يكون فيها الآزوت بشكل أمونيوم مع أسمدة تحتوي على كلس وذلك بسبب الفقد الحاصل في الأمونيا على شكل غاز. مما يعني أنه لا يجوز خلط سلفات الأمونيوم أو سلفونترات الأمونيوم أو السماد البلدي مع الكلس المطفأ أو مع الصخور الكلسية أو مع سياناميد الجير.
- (2) لا يمكن خلط أسمدة تحتوي على فوسفات بشكل ذائب مع أسمدة تحتوي على كالسيوم قابل للذوبان بسبب تحول الفوسفات إلى شكل غير ذائب وبالتالي غير قابل لإفادة النبات، أي أنه من غير الجائز خلط فوسفات الأمونيوم أو السوبر فوسفات مع الكلس أو سياناميد الجير.
- (3) لا يجوز خلط أسمدة ينتج عن خلطها أحماض لأن ذلك يسبب تلف العبوات التي يحفظ فيها السماد وفقد بعض العناصر السمادية، فخلط السوبر فوسفات مع نترات الجير يسبب تحرر حمض الآزوت الذي يسبب تلف عبوات السماد.
- (4) لا يجوز خلط الأسمدة ذات الطبيعة الهيدروكسكوبية التي تمتص الرطوبة مع أسمدة أخرى لتجميعها أو لتكوينها كتلا صلبة عند خلطها، مثل الأسمدة النترائية واليوريا ويمكن خلط هذه الأسمدة قبل نثرها مباشرة إذا دعا الأمر